

# KGBauko *aktuell*



Januar 2014

7



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

---

Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich 13 Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion  
Professor Architekt Stefan Schäfer

Franziska-Braun-Straße 3  
64287 Darmstadt

Telefon: +49 6151 16 - 3493  
Fax: +49 6151 16 - 7034

[www.kgbauko.de](http://www.kgbauko.de)  
[info@kgbauko.tu-darmstadt.de](mailto:info@kgbauko.tu-darmstadt.de)

1. Auflage, Januar 2014

Vorwort .....	9
<b>1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion .....</b>	<b>12</b>
1.1. Geschichte von KGBauko .....	13
1.2. Wir über uns .....	13
1.3. Mitarbeiter .....	14
1.4. Lehrbeauftragte.....	16
1.5. Studentische Hilfskräfte .....	16
1.6. Ehemalige KGBauko-Mitarbeiter (Auswahl) .....	19
<b>2. Jahresrückblick und Aktuelles .....</b>	<b>22</b>
2.1. Exkursionen .....	22
2.1.1. Exkursion WS 2012/2013 .....	23
2.1.2. Exkursion SS 2013 .....	24
2.2. Kongresse, Fachtagungen, Seminare.....	26
2.2.1. 2. Darmstädter Ingenieurkongress.....	26
<b>3. Lehre.....</b>	<b>28</b>
3.1. Learning Management Systeme in der akademischen Lehre.....	29
3.1.1. Struktur und Betreuung .....	29
3.1.2. Gezielte Kommunikation .....	32
3.1.3. Leistungsmanagement .....	34
3.1.4. Beratung .....	35
3.1.5. Prüfungen und Leistungsabfragen.....	36
3.1.6. Daten Logs .....	37
3.1.7. Optimierungsbedarf .....	37

<b>3.2. Konstruktives Gestalten KG</b>	41
3.2.1. Studentische Arbeiten WS 2013/14	42
3.2.2. Studentische Arbeiten WS 2013/14	43
3.2.3. Die armierten Ziegelschalen des Eladio Dieste	44
<b>3.3. Baukonstruktion BK</b>	49
3.3.1. Studentische Arbeiten SS 2013	50
<b>3.4. Grundlagen des konstruktiven Hochbaus GH</b>	53
<b>3.5. Green Building Design GBD</b>	55
3.5.1. Studentische Arbeit SS 2013	56
3.5.2. Studentische Arbeit SS 2013	58
<b>3.6. Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus GKI</b>	61
3.6.1. Studentische Arbeiten vergangener Semester	62
<b>3.7. Freihandzeichnen FHZ</b>	69
3.7.1. Studentische Arbeiten SS 2013	70
<b>3.8. Interdisziplinäres Projekt Bauingenieurwesen IPBI</b>	79
<b>3.9. Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens GPEK</b>	81
 <b>4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel</b>	82
<b>4.1. Sonderforschungsbereich SFB 666</b>	83
4.1.1. Ganzheitliche Entwicklung innovativer Produkte aus Blech	84
4.1.2. Ästhetische Formgestalten in der Architektur	90
<b>4.2. Parametrische Prozesse</b>	99
4.2.1. Möglichkeiten und Grenzen Parametrischer Entwurfsmethoden	100

<b>4.3. Bionik im Bauwesen</b>	105
<b>4.4. Green Building Design</b>	107
4.4.1. Zukunftsfähige Wärmeenergieversorgung für Wohngebäude	108
<b>4.5. Bauen im Bestand</b>	113
4.5.1. Einflussgrößen auf die Wärmeleitfähigkeit von porösen Baustoffen	115
 <b>5. Anhang</b>	122
<b>5.1. Ausblick 2013</b>	122
<b>5.2. Danksagungen</b>	123
<b>5.3. Publikationen 2013</b>	124
<b>5.4. Quellenverzeichnis</b>	125
<b>5.5. Abbildungsverzeichnis</b>	127
<b>5.6. Anfahrt</b>	135
<b>5.7. Impressum</b>	137

Liebe Leserinnen, liebe Leser,  
liebe Freunde und Förderer von KGBauko,

KGBauko und sein Team geht seinen Weg. Nach der erfolgreichen Veröffentlichung von „KGBauko *aktuell* 3“ liegt nunmehr die zweite Ausgabe vor Ihnen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unseres Teams waren abermals hoch motiviert, sich von ihrer besten Seite zu zeigen. Mit großem Engagement und Fleiß haben sie nützliche Informationen, Berichte und Dokumentationen des abgelaufenen akademischen Jahres für Sie übersichtlich zusammengestellt. Warum tun wir das?

Einerseits ist uns bewusst, dass wir in vielen Bereichen des akademischen Handelns eine Vorbildfunktion innehaben, die sich in den Ergebnissen unserer Studierenden widerspiegelt. Außerdem zeigt sich sehr deutlich, dass mit dem inter-

nationalen Auftreten unserer Arbeiten und dem Agieren mittlerweile weit über die nationalen Grenzen hinaus, wir auch ein Stück weit Repräsentanten unserer Gesellschaft sind. Das ist eine große Verantwortung! Es macht uns auch ein Stück weit stolz, dass unsere Erfahrung und unser Wissen an vielen Stellen geschätzt und gefragt wird. Wir setzen alles daran, diese Erfahrung und das Wissen auf unsere Studierenden, die ja unsere künftige Wissensträgergeneration darstellt, zu übertragen. Wir hoffen darauf, dass dies auch ein Zukunftsbeitrag für unsere Gesellschaft sein kann, aufkommende bautechnische Fragestellungen und Entwicklungen zu verbessern und uns damit auf bevorstehende Aufgaben besser vorzubereiten.

„KGBauko *aktuell*“ ist damit auch für uns selbst ein wichtiger Reflektor und vielleicht auch ein wenig Selbstkritik-Medium, um die nötige Qualitätssicherung zu betreiben. Daher freuen wir uns ausdrücklich über jede Rückmeldungen und Verbesserungsvorschläge. Mit jeder Anmerkung und jedem Kommentar, die Sie uns zukommen lassen, tragen Sie ein wenig dazu bei, uns in Zukunft noch besser zu machen. Schreiben Sie uns; melden Sie sich und helfen Sie mit, die Lehre an der Technischen Universität Darmstadt zu verbessern.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über ausgewählte Themen und Lehrveranstaltungen und zeigt Ihnen auch einige erzielte Ergebnisse unserer Studierenden. Erfreulich breit ist die Bandbreite der abgehaltenen Veranstaltungen und stetig wachsend die Zahl der Teilnehmer in unseren angebotenen LVs. Ob das so bleibt, wissen wir nicht. Auch das

Angebot der Lehre im Gesamtkatalog unseres Fachbereichs unterliegt gewissen Wettbewerbsregeln. Übergeordnet darüber steht die Gesamtzahl der Einschreibungen in unserem Fachbereich, die sich mittlerweile stabilisiert hat. Wir freuen uns daher außerordentlich, dass die Zahl der Anmeldungen in unseren Lehrveranstaltungen immer noch stetig steigt. Seit der Einführung der Bachelor- und Masterstudiengänge ist damit das Lehrangebot von KGBauko deutlich unabhängiger geworden und damit losgelöst von alten verkrusteten Strukturen. Wir sind nun flexibler und freuen uns auf individuell aktualisierte und dem aktuellen Baugeschehen nahestehenden Aufgaben!

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, streben wir auch künftig an, unsere Leistungen zu optimieren. Der Zukunft gehört der verstärkte Einsatz von Learning Management Systemen, die die Interkommunika-

tion zwischen den Beteiligten einerseits deutlich intensiviert und andererseits die Abwicklung vielzahliger Lehreinheiten sehr vereinfacht. Wir sind sehr gespannt, wie sich diese Systeme in Zukunft entwickeln und arbeiten daran, durch Verbesserungsvorschläge und rege Nutzungen hilfreiche Feedbacks an die Verantwortlichen zu adressieren.

Das nunmehr zurückliegende akademische Jahr war sehr arbeitsreich. Besonders hervorzuheben ist dabei die Erarbeitung eines überarbeiteten Curriculums mit neuen Modulordnungen in den sechs laufenden Studiengängen des Fachbereichs 13. Eine besondere Herausforderung galt dabei der Elimination von Fehlentwicklungen, Straffung der Inhalte und Optimierung des Workloads entsprechend der Gewichtung und der Wichtigkeit einzelner Lehrmodule. Nach arbeitsintensiven Monaten glaube ich aber sagen zu können, dass es

sich gelohnt hat. Vorausgesetzt, die erarbeiteten Ergebnisse durchlaufen die Gremien erfolgreich, freuen wir uns auf neue, optimierte und verbesserte Studienstrukturen ab dem Wintersemester 2014/2015.

Wir freuen uns aber auch auf das kommende akademische Jahr, auf Ihre Unterstützung und viele zahlreiche neue Ideen, Beiträge, Forschungsthemen und Interaktionen mit unseren Studierenden. Bleiben Sie uns gewogen!

Herzlichst



Prof. Stefan Schäfer  
und das Team von KGBauko

Darmstadt, Dezember 2013

## 1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion



**Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion**  
Franziska-Braun-Straße 3  
3. Stock, Südflur

## 1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion

### 1.1. Geschichte von KGBauko

Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion – kurz KGBauko – besteht seit Oktober 1998 und wurde mit der Absicht gegründet, die konstruktive Ingenieurausbildung an der TU Darmstadt um Fächer mit gestalterischen und baukonstruktiven Fragestellungen zu bereichern. Diese Idee wird bereits an der Universität Stuttgart seit vielen Jahren erfolgreich praktiziert und zielt dort auf interdisziplinäre Arbeiten in der Architekten- und Ingenieurausbildung. Der Gründung von KGBauko geht eine mehrjährige Lehrauftragstätigkeit mit ähnlicher Ausrichtung im FB 13 durch Prof. Burkhard Pahl voraus. Mit der Berufung von Prof. Stefan Schäfer aus Stuttgart im Juli 1998 und dem Beginn des Lehrbetriebs im Oktober des gleichen Jahres wurde nun dieser Lehrbereich dauerhaft institutionalisiert und hat mittlerweile seinen festen Platz in der Ingenieurausbildung der TU Darmstadt und darüber hinaus.

### 1.2. Wir über uns

Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion praktiziert Lehre und

Forschung im Spannungsfeld der Architektur und der Bauingenieurwissenschaften interdisziplinär. Mit Fächern wie Baukonstruktion, Konstruktives Gestalten, Green Building Design, Grundlagen des konstruktiven Hochbaus, GPEK, Freihandzeichnen und Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus wird aktuell ein äußerst breites Fächerspektrum für ein Zuhörerpublikum mit verschiedenen Interessenschwerpunkten angeboten. Bereichert wird die Lehre durch zahlreiche außerplanmäßige Veranstaltungen, Exkursionen und interdisziplinären Kooperationen mit anderen Fachgebieten.

In dem 2003 neu geschaffenen Masterstudiengang Bauingenieurwesen schlägt sich diese Bandbreite in einem eigenen Studienprofil „Hochbau (Sustainable Design)“ nieder.

Gemeinsam mit Studierenden werden wissenschaftliche Projekte mit entwerferischen, gestalterischen, konstruktiven Schwerpunkten bearbeitet. Innerhalb und außerhalb der TU Darmstadt bestehen Kooperationen in verschiedenste Fachbereiche und Institutionen. Die Mitarbeiter von KGBauko stammen aus verschiedenen Fachrichtungen und arbeiten grundsätzlich interdisziplinär.

## 1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion



### 1.3. Mitarbeiter

**Stefan Schäfer, Prof. Dipl.-Ing. Architekt**  
Professor  
sts@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Patrizia Bender**  
Sekretärin  
bender@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Scholeh Abedini, Dipl.-Ing.**  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Sonderforschungsbereich 666  
abedini@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Robert Burgaß, M. Eng.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Bauen im Bestand  
burgass@kgbauko.tu-darmstadt.de

## 1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion



**Alexander Pick, Dipl.-Ing. Architekt**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Flächentragwerke und Mauerwerksbau  
pick@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Jens Herbert, Dipl.-Ing.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Green Building Design  
herbert@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Irene Root, Dipl.-Ing.**  
Lehre und Forschung  
Freihandzeichnen  
root@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Jakob Reising, Dipl.-Ing.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Parametrische Prozesse  
reising@kgbauko.tu-darmstadt.de



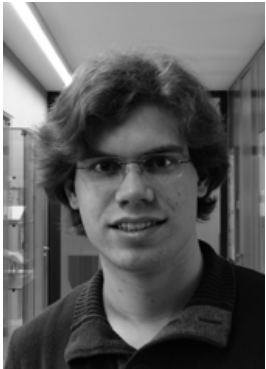


---

### 1.4. Lehrbeauftragte

---

**Eberhard Pelke, Dipl.-Ing.**  
Lehrbeauftragter  
Geschichte des konstruktiven  
Ingenieurbaus  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



---

### 1.5. Studentische Hilfskräfte

---

**Adrian Zimmermann, B.Sc.**  
„Beschreibbarkeit von Ästhetik“  
Forschung im Rahmen des SFB 666  
zimmerm@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Katharina Bell**  
Tutor Freihandzeichnen  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Johannes Böhm, B.Sc.**  
Tutor GPEK II  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Lukas Behrens**  
Forschung im Rahmen des SFB 666  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Maria Krieger, B.Sc.**  
Forschung im Rahmen des SFB 666  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Oliver Nischwitz**  
Betreuung des Erstellens von komplexen  
3D-Plotmodellen  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Maximilian Rühl**  
Homepage und Fotografie  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Kristina Rentschler, B.Sc.**  
Visualisierung im Rahmen des SFB 666  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



**Oliver Vogt, B.Sc.**  
Forschung und Tutor Baukonstruktion  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de

---

### 1.6. Ehemalige KGBauko-Mitarbeiter (Auswahl)

---

Frau Dipl.-Ing. **Anne Kawohl** war von Mai 2009 bis Ende August 2009 wissenschaftliche Mitarbeiterin bei KGBauko. Für das Projekt „Studiforscht“ erarbeitete sie die Möglichkeiten interdisziplinäre Forschungsakquise aller Fachbereiche der TU zu bündeln und durch ein geeignetes Management den Studierenden vor allem in der frühen Studienphase zugänglich zu machen.

Nach einer 2-jährigen Anstellung als Projektleiterin in einem Brandschutzsachverständigenbüro ist Frau Anne Kawohl seit September 2011 als wissenschaftliche Mitarbeiterin bei der AG PEK (Arbeitsgruppe Planen, Entwerfen und Konstruieren) und dem Fachgebiet Stahlbau an der TU Darmstadt tätig. Zu ihren Tätigkeiten gehören unter anderem die Koordination, Organisation und Betreuung der Projektseminare GPEK I & II und IPBI/IPUI, die Fachstudienberatung für die Studiengänge des Bauingenieurwesens und der Umweltingenieurwissenschaften sowie Forschung im Bereich Tragverhalten von Schrauben unter Hochtemperaturbelastung.

Frau Dr.-Ing. **Franziska Johanna Kuhn** war von November 2004 bis Ende April 2007 als wissenschaftliche Mitarbeiterin bei KGBauko tätig. Zu ihren Aufgabengebieten zählten Betreuung der Lehrveranstaltungen GPEK, Konstruktives Gestalten und Geschichte des Ingenieurbaus, Forschung im Bereich Strömungen in Glas-Doppel-Fassaden und EDV-Betreuung.

Zurzeit arbeitet Frau Franziska Johanna Kuhn als Projektingenieurin bei HAZ GmbH und beschäftigt sich mit klassischer Tragwerksplanung mit Schwerpunkt Altbausanierung/Denkmalschutz. Dabei umfasst ihr Aufgabenfeld Tätigkeit wie statische Berechnungen und Erstellung dazugehöriger Pläne, Prüfung statischer Berechnungen (Tragwerksplanung der Leistungsphasen 1 bis 5), Schadensuntersuchung und -bewertung bestehender Gebäude, Sanierungskonzepte sowie Bauen im Bestand.

Herr Dr.-Ing. **Stefan Menzel** war von April 1999 bis einschließlich März 2004 als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei KGBauko beschäftigt. Zu seiner Verantwortung zählte die Betreuung der Lehrveranstaltungen Konstruktives Gestalten, Baukonstruktion und Grundlagen des Planens und Entwerfens. Im Rahmen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit widmete er sich Untersuchungen zur Verbesserung der auftriebsinduzierten Strömungen in Glas-Doppelfassaden. Experimentelle Arbeiten unterstützt durch Strömungssimulationen resultierten in einem Vorschlag zur Anwendung evolutionärer Optimierungsmethoden für die Gestaltung der Fassadenein- und -auslassbereiche. Die Forschungsarbeiten fanden ihren Abschluss in einer Promotion, die von Prof. Stefan Schäfer und Prof. Karl G. Roesner erfolgreich betreut wurde.

Seit 2004 ist Dr. Menzel am Honda Research Institute Europe in Offenbach/Main beschäftigt, einem von drei weltweit agierenden Grundlagenforschungsinstituten mit Standorten in Japan, USA und Europa. Sein derzeitiger Tätigkeitsschwerpunkt liegt in der evolutionären Optimierung von Bauteilen und Kom-

ponenten, insbesondere im Hinblick auf eine effiziente Verknüpfung von Optimierungsmethode, Simulation und geometrischer Repräsentation.

Dipl.-Ing. Architekt **Alexander Henze** war von Januar 2010 bis Dezember 2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet KGBauko. Zu seinem Aufgabenbereich zählten die Betreuung von Studierenden und die Lehrvorbereitung in den Fächern Baukonstruktion, Konstruktives Gestalten und GPEK.

Nach seinem Architekturstudium an der TU Braunschweig arbeitete er mehrere Jahre in einem der größten Architekturbüros in Irland vor allem an der Errichtung von Forschungsgebäuden.

Im Anschluss an seine Lehr- und Forschungstätigkeit an der TU Darmstadt spezialisierte er sich auf das Thema Konversion. Derzeitig arbeitet er in der Region Göttingen als Projektleiter im Bereich Flächenentwicklung.

Herr Dipl.-Ing. Architekt, M. Sc. Bauentschutz **Felix Wellnitz** war von Anfang August 2009 bis Ende August 2010 wissenschaftliche Mitarbeiter bei KGBauko. Zu seinen Aufgabengebieten zählten Mitarbeit in der Lehre Konstruktives Gestalten und im Sonderforschungsbereich (SFB) 666.

Seine aktuelle Beschäftigung umfasst folgende Tätigkeitsfelder:

Forschungsprojekt an der Bauhaus-Universität Weimar und der FH Potsdam zum Thema „Energetische Ertüchtigung der denkmalgeschützten, ehemaligen Bayerischen Landesvertretung von Sep Ruf in Bonn, Baujahr 1955“. Kooperation mit der Deutschen Stiftung Denkmalschutz und gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

Freier Architekt in Berlin, zert. Passivhausplaner, Energieberater (KfW, Bafa), Energieberater für Baudenkmale.

Lehraufträge an der GUC Berlin und der FH Potsdam.

Herr Dipl.-Ing., M. Eng. in Membrane Structures, Archineer® M. St. **Björn Briegert** war im Zeitraum von September 2002 bis März 2007 erst als wissenschaftliche Hilfskraft und im Anschluss daran als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Dabei betreute er verschiedene Lehrveranstaltungen bei KGBauko.

Seine aktuelle Beschäftigung:

Von Mai 2007 bis Dezember 2013 - Projektingenieur und Leiter Technik bei HP Gasser AG – Membranbau, 6078 Lungern, Schweiz.

Seit September 2011 Repräsentant des Instituts für Membran- und Schalentechologien IMS e.V. in der Schweiz.

Seit Januar 2014 Inhaber von „studio briegert“. Beratung, Entwurf und ingenieurtechnische Planungsleistungen im Bereich Membranbau und textiler Architektur (Formfindung, Statik, Zuschnittsplanung,...) 6060 Sarnen, Schweiz.

**Weitere Informationen und Kontaktdaten** unter:  
[info@kgbauko.tu-darmstadt.de](mailto:info@kgbauko.tu-darmstadt.de).

## 2. Jahresrückblick und Aktuelles

### 2.1. Exkursionen



Abb. 1: Exkursionsteilnehmer WS 2012/2013

## 2. Jahresrückblick und Aktuelles

### 2.1.1. Exkursion WS 2012/2013

Am 19. Februar 2013 fand eine Exkursion von KGBauko nach Rüsselsheim zur **Adam Opel AG** statt.

Nach Ankunft auf dem Werksgelände wurden wir von einem Team von Opel-Mitarbeitern empfangen, die uns das Unternehmen mit den einzelnen Standorten erläuterten.

Zu Beginn der Führung konnten die Teilnehmer der Exkursion im werkeigenen Museum Eindrücke aus der Geschichte der Adam Opel AG sammeln. Unter den zahlreichen Zeitzeugen der Automobilkunst waren unter anderem die ersten Motorräder, Fahrzeuge aus dem Motorsport, aber auch Prototypen zu sehen. Besonders hervorzuheben sind aber die ersten Erzeugnisse wie Nähmaschinen und Fahrräder, in den Anfangsjahren der Firma Opel. Für den krönenden Abschluss sorgte dann ein Gruppenfoto vor einem Rennwagen mit Herrn Prof. Schäfer als Fahrer (Abb. 1).

Im Anschluss konnten wir uns nach einer kurzen Sicherheitsunterweisung von der Fahrzeugproduktion überzeugen. Zu Beginn wurde die Karosserieproduktion besichtigt, wo

wir zahlreiche Impressionen der Fertigung der Rohkarosserie erhielten. Das Zusammenwirken von Mensch und Maschinen war für alle Teilnehmer ein beeindruckendes Spektakel. Mit der passenden Musik-Unterhaltung erinnern die knapp 800 KUKA Roboter der Karosserieproduktion an ein großes Orchester.

Als Abschluss der Exkursion wurde die Fertigung und Endmontage der Fahrzeuge besichtigt. Auf den zahlreichen Produktionsstraßen konnten wir unter anderem die Fertigung des Interieurs, aber auch in die Fertigung der Motoren in Augenschein nehmen.

Wir danken der Adam Opel AG für die Einblicke in eine nicht alltägliche Thematik.



---

### 2.1.2. Exkursion SS 2013

---



Abb. 2: Exkursionsteilnehmer SS 2013

Am 17.07.2013 fand eine Exkursion zu der Baustelle des **Taunusturms** in Frankfurt am Main statt. Der anschließende Besuch des DAM - Deutschen Architektur Museums und die Führung durch die Ausstellung des Büros Bollinger+Grohmann rundeten die Veranstaltung ab.

Die Besichtigung der Baustelle des Taunusturms begann sehr eindrucksvoll. Nachdem wir das Tor zur Baustelle passiert hatten, wurden wir auf eine Plattform vor dem Taunusturm geführt, von welcher uns Herr Schützendorf des Architekturbüros Gruber + Kleine-Kraneburg

einen ersten Überblick des mit 170 m Höhe und 60.000 m<sup>2</sup> sehr eindrucksvollen Gebäudes gewährte. Besonders imposant war der Einblick auf den Einbau der Vorhangsfassade, die mit ihren knapp 4 m langen Elementen sehr vorsichtig bis zum 40. Stockwerk befördert wurden. Anschließend gelangten wir mit dem Bauaufzug in das oberste Geschoss, von dem wir einen traumhaften Blick auf die Skyline von Frankfurt hatten. Für die Teilnehmer war die Besichtigung unter baukonstruktiven Gesichtspunkten eine lehrreiche Veranstaltung, da über den gesamten Bereich des Bauprozesses Einblicke gewährt wurden. In den oberen Stockwerken waren die Rohbau- bzw. die Fassadenarbeiten noch nicht abgeschlossen, wohingegen in den unteren Geschossen zahlreiche Einblicke in die Ausbaugewerke gemacht werden konnten.

Im Anschluss durften wir unter persönlicher Führung von Herrn Ulrich Storck die Ausstellung des Büros Bollinger + Grohmann Ingenieure – **Behind the Scenes – Hinter den Kulissen** – im DAM-Deutschen Architektur Museums besuchen. Dort konnten wir zahlreiche Eindrücke der einzelnen Großprojekte wie bspw. der EZB Frankfurt, aber auch

von kleineren Projekten wie dem Flagship Stores von Hermès in Paris gewinnen.

Wir möchten uns nochmals ganz herzlich für die Einblicke in das Bauprojekt Taunusturm beim Büro Gruber+Kleine-Kraneburg und Herrn Schützendorf, sowie dem Büro Bollinger+Grohmann für die Führung in Person von Herrn Storck bedanken.



Abb. 3: Baustelle des Taunusturm Bürohochhauses in Frankfurt am Main

---

### 2.2. Kongresse, Fachtagungen, Seminare

---



Abb. 4: zwei Flyer zum  
2. Darmstädter Ingenieur-  
kongress - Bau und Umwelt

---

#### 2.2.1. 2. Darmstädter Ingenieurkongress

---

Am 12. und 13. März 2013 veranstaltete der Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften der Technischen Universität Darmstadt den 2. Darmstädter Ingenieurkongress – Bau und Umwelt im Darmstadttium, dem Kongresszentrum der Stadt Darmstadt.

Anlässlich dieses Kongresses organisierte KGBauko gemeinsam mit dem Fachgebiet Statik – Prof. Jens Schneider und mit dem Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen – Prof. Harald Garrecht zwei wissenschaftliche Fachsessions mit dem Schwerpunkt Energie.

In diesem Zusammenhang thematisierte die erste Fachsession mit dem Titel „Vom Energiehaus+ zur Plusenergiesiedlung“ globale Konzepte für Wohnen und Energie. Chancen und Grenzen der Technik hinsichtlich Energiewandlung und -speicherung, aber auch Punkte, wie die baukonstruktive Durchbildung der Gebäudehülle vertieften das Thema.



Abb. 5: Darmstadttium, 2. Darmstädter  
Ingenieurkongress - Bau und Umwelt

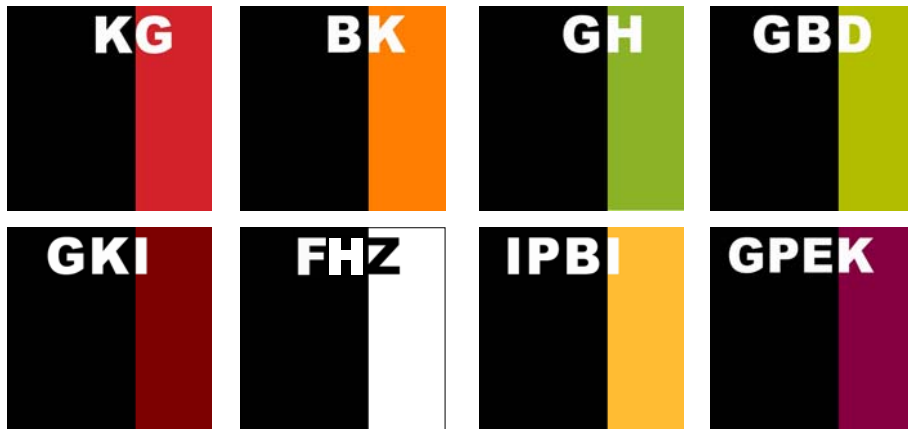
Die zweite Fachsession mit dem Titel „Energetische Ertüchtigung im denkmalgeschützten Gebäudebestand“ bewegte sich hingegen im Spannungsfeld zwischen Denkmalschutz, Bauphysik und Gebäudetechnik. Es wurden verschiedene Beiträge zu den Themen denkmalgerechte und energieeffiziente Modernisierung, Energieberater für Baudenkmäler, Innendämmungen, erfolgreiche Fassadenplanung und Klimamonitoring durch ausgewiesene Experten vorge tragen.

Neben Diskussionsrunden zwischen den einzelnen Fachvorträgen bot unter anderem auch eine Abendveranstaltung den Kongressteilnehmern viel Raum zum fachlichen Austausch und Networking. Darüber hinaus konnten im Rahmen des Programmpunktes „Business meets Students“

Kontakte zwischen Studierenden und Besuchern aus der Bauwirtschaft hergestellt werden.

An dieser Stelle möchten wir gerne die Gelegenheit nutzen, um uns noch einmal bei den Teilnehmern des Kongresses für das zahlreiche Erscheinen zu bedanken. Ebenso gilt unser Dank den vielen Referenten, ohne deren Unterstützung die Realisierung der beiden Fachsessions nicht möglich gewesen wäre.

### 3. Lehre



### 3. Lehre - 3.1. Learning Management Systeme in der akademischen Lehre

#### 3.1. Learning Management Systeme in der akademischen Lehre

Mit Hilfe weit entwickelter, digital zu nutzender *Learning-Management Systeme* (LMS, gemeinhin auch als E-Learning bezeichnet) lassen sich zahlreiche Vorteile in der Verwaltung und Durchführung akademischer Lehre erzielen. Durch das Zusammenschalten verschiedener einzelner Komponenten, wie sie verschiedentlich im *World Wide Web* bereits genutzt werden (zum Beispiel *Blogs*, *E-Mails*, *Glossars* usw.) lassen sich hoch effiziente Strukturen schaffen, um die Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden zu verbessern. Warum tut man das? Ein wesentlicher Effekt im Bildungssektor des *Bologna Prozesses* ist neben der steigenden Strukturierung von Lehrveranstaltungen auch ein stetig sinkendes Verhältnis von betreuenden zu lernenden Personen. Damit einhergehend wäre normalerweise eine Qualitätseinbuße und ein Absinken

des Leistungsspiegels zu erwarten. Durch eine konsequente Anwendung geeigneter LMS lässt sich aber diesem Nachteil erfolgreich entgegenwirken.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die hohe Affinität der nachwachsenden Generationen zur Nutzung digitaler Equipments. Betrachten wir nur einmal die hohe Verbreitungsquote moderner *Smartphones* im Bereich der Teenagergeneration, so liegt der Schluss nahe, dass durch eine geeignete Nutzung dieser Geräte eine sehr hohe Erreichbarkeit der Betroffenen erzielt werden kann, weil die Akzeptanz sehr hoch ist. Eine entscheidende Frage aus der Sicht des Lehrenden bleibt aber, ob neben der effizienteren Verwaltung durch die Nutzung von Learning-Management Systemen auch eine bessere Lehrqualität erzielbar ist?

#### 3.1.1. Struktur und Betreuung

Jedes standardisierte LMS lässt sich durch das richtige Setup individuellen Bedürfnissen anpassen. Als Grundeinstellung bilden dabei die

einzelnen Nutzeroberflächen den kalendarischen Regelablauf einer Lehrveranstaltung eins zu eins ab. Die zentralen Komponenten sind dabei

### 3. Lehre - 3.1. Learning Management Systeme in der akademischen Lehre

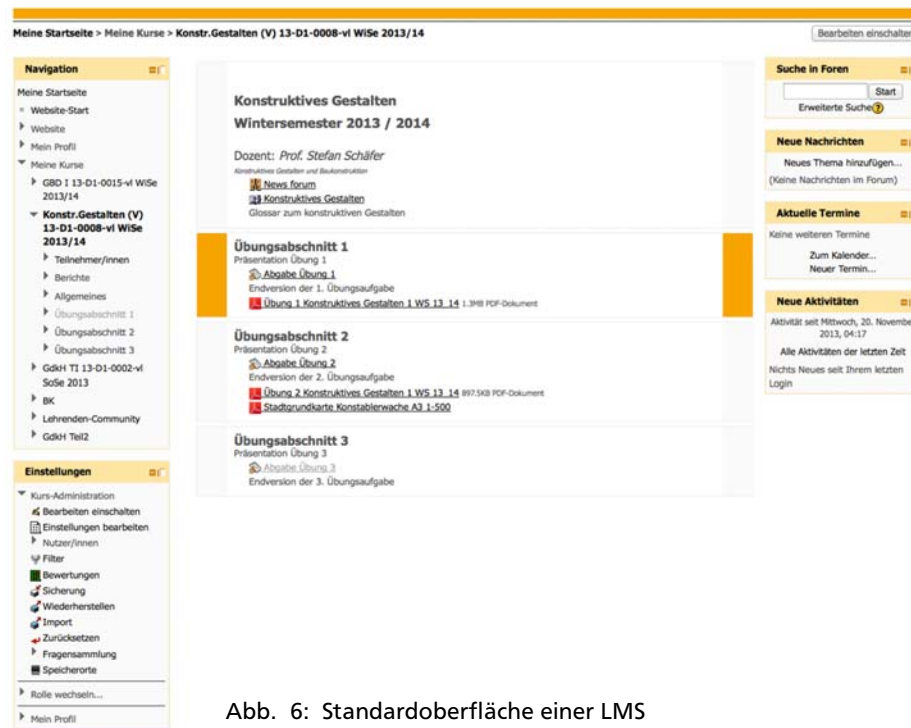


Abb. 6: Standardoberfläche einer LMS

einzelnen einzuführende Aktivitäten (zum Beispiel Übung, Vorlesungsdatei, Dateidownload, Gruppen-E-Mails usw.), die in die einzelnen Kalenderabschnitte vorab eingefügt werden können. Auf besonders hervorragende Weise lässt sich damit bereits vorab eine Lehrveranstaltung sehr gut planen und strukturieren. Eine bereits einmalig durchgeführte, erfolgreiche Lehrveranstaltung lässt

sich auf wunderbare Weise auch duplizieren und auf andere Lehrveranstaltungen strukturell übertragen. Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit, einzelne Abgabeaktivitäten (z. B. eine Studienleistung) strukturell und zeitlich zu terminieren und individuelle Uploads zu den individuellen Leistungsbeiträgen der Studierenden einzufordern. Hierfür ist kein zusätzliches Personal erforder-

### 3. Lehre - 3.1. Learning Management Systeme in der akademischen Lehre

lich, um zum Beispiel eine Eingangskontrolle zu betreiben. Dies ist ein deutlicher Vorteil bei der Nutzung von Learning-Management Systemen, um z. B. den Zuschnitt einzelner Übungsumfänge zu reduzieren bei gleichzeitiger Erhöhung deren Anzahl.

Das Modellieren einer Lehrveranstaltung und der abzurufende Leistungsspiegel der einzelnen Teilnehmer lassen sich somit besser auf die Dauer einer Lehrveranstaltung harmonisieren. Ein wesentlicher Effekt des LMS ist demzufolge eine sehr hohe Effizienz.

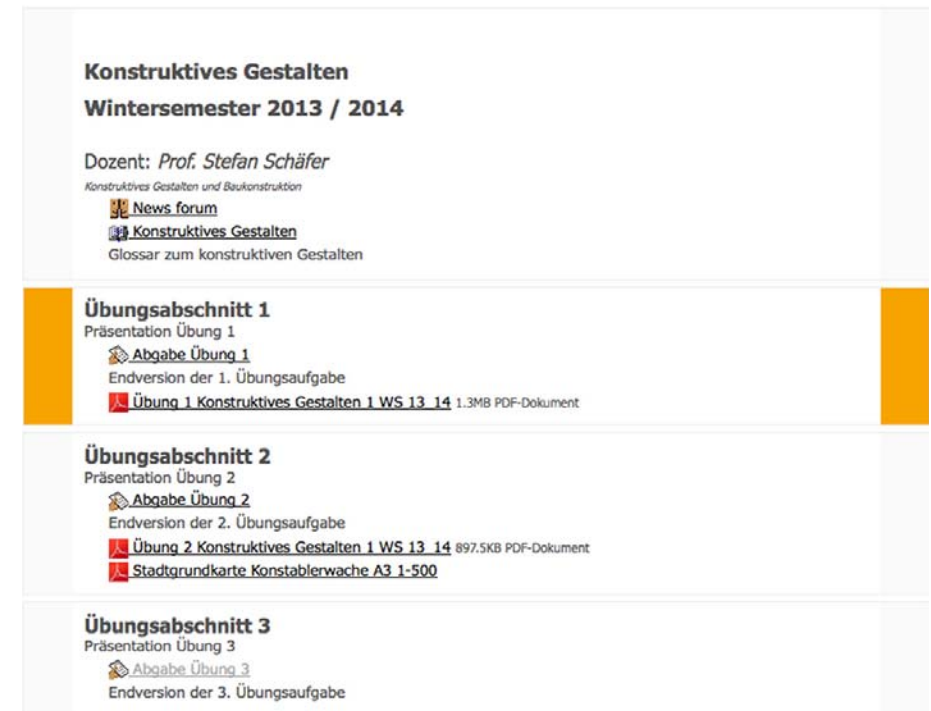


Abb. 7: Gliederung einer typischen Lehreinheit



### 3. Lehre - 3.1. Learning Management Systeme in der akademischen Lehre

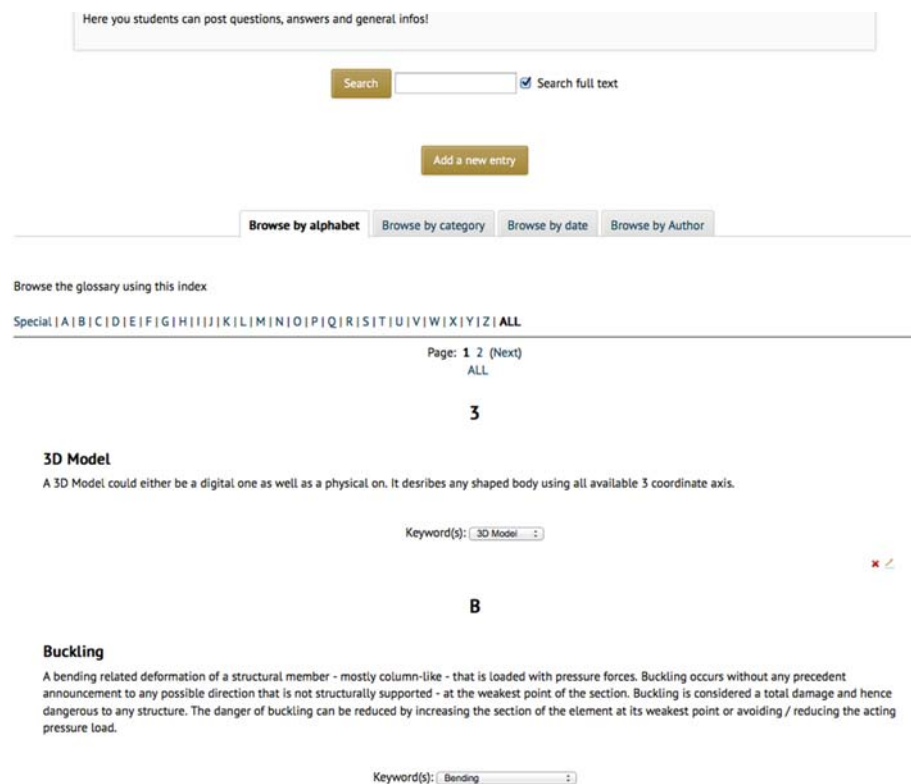


Abb. 8: Glossar

#### 3.1.2. Gezielte Kommunikation

Mit sogenannten Quickmails lassen sich einzelne, gruppenweise organisierte oder die gesamte Teilnehmergruppe einer Lehrveranstaltung individuell kontaktieren. Besonders bei gruppenstrukturierten Lehrveranstaltungen, die durch Einzel- und

Gruppenleistungen gestaltet sind, lässt sich eine gezielte Kontaktaufnahme mit wenigen Klicks erzeugen und der Kommunikationsaufwand usergerecht adressieren. Dies reduziert deutlich den Kommunikationsaufwand und den damit zusam-

### 3. Lehre - 3.1. Learning Management Systeme in der akademischen Lehre

menhängenden Leseaufwand nicht relevanter E-Mail-Nachrichten. Daraus ergibt sich ein weiterer Vorteil von LMS, nämlich durch die einfach zu handhabende und zu verwaltende

Einteilung großer Zuhörerschaften in einzelne Gruppen, Untergruppen und sonstige Teilmengen sowie deren gezieltes Verwalten.

#### General Information

Forum about common questions and answers  
Please post your common questions here!

Glossary ASD 20.002  
Here you students can post questions, answers and general infos!

Please note your boot size!  
To provide the right purchase of security boots please add your individual boot size anonymously by Monday, 16. September at the latest!

Syllabus  
The most recent version!

Weekly Time Schedule  
The most recent version!

Site Visit Rules  
The most recent version!

Useful Literature  
This is a full literature list - not all are necessary to students to have. A shortlist can be found within the syllabus!

Material list for lab work  
This is a material list for lab work to get until week 2!

Rules about Readings  
Please respect the rules about Readings

News forum  
Agreement to showcase good assignment examples  
Do you principally agree that your own assignment results are published on eDimension if they are qualifying for good standards?

Restricted: 'Available until 14 October 2013, 12:00 PM:'

Glass Vitrine all assignments  
Showcase good assignment results and feedbacks!

Term Project Reference/Resource  
References and resources for your term project!

PROJECT REFERENCES FROM LECTURES

Abb. 9: Aktivitäten

#### 3.1.3. Leistungsmanagement

Sobald einzelne Leistungskomponenten als Aktivitäten generiert wurden, entsteht – sozusagen als Nebeneffekt – ein Eintrag in eine zusammenfassende Notenliste. Jede Aktivität mit

Leistungsrelevanz wird in dieser Notenliste automatisch wiedergespiegelt. Das Verwalten solcher Listen erfolgt aus beiden Richtungen: Aus der Richtung der Teilnehmer einer

State	Started on	Completed	Time taken	Grade/20.00	Q. 1 /2.00	Q. 2 /4.00	Q. 3 /4.00	Q. 4 /2.00	Q. 5 /4.00	Q. 6 /4.00
Finished	28 October 2013 1:08 PM	28 October 2013 1:12 PM	4 mins 46 secs	9.87	2.00 ✓	0.80 ✓	0.00 ✗	0.67 ✓	4.00 ✓	2.40 ✓
Finished	28 October 2013 11:06 PM	28 October 2013 11:13 PM	6 mins 53 secs	14.93	2.00 ✓	2.40 ✓	4.00 ✓	0.67 ✓	2.67 ✓	3.20 ✓
Finished	29 October 2013 2:39 PM	29 October 2013 2:43 PM	3 mins 6 secs	7.73	2.00 ✓	0.80 ✓	0.00 ✗	0.67 ✓	2.67 ✓	1.60 ✓
Finished	29 October 2013 5:49 PM	29 October 2013 5:54 PM	5 mins 2 secs	15.73	2.00 ✓	3.20 ✓	4.00 ✓	2.00 ✓	1.33 ✓	3.20 ✓
Finished	29 October 2013 7:07 PM	29 October 2013 7:13 PM	6 mins 5 secs	9.33	2.00 ✓	0.80 ✓	0.00 ✗	0.67 ✓	2.67 ✓	3.20 ✓
Finished	29 October 2013 9:02 PM	29 October 2013 9:06 PM	3 mins 31 secs	5.60	2.00 ✓	0.80 ✓	0.00 ✗	0.67 ✓	1.33 ✓	0.80 ✓
Finished	29 October 2013 10:16 PM	29 October 2013 10:23 PM	6 mins 15 secs	12.40	2.00 ✓	3.20 ✓	0.00 ✗	2.00 ✓	2.00 ✓	3.20 ✓
Finished	29 October 2013 11:12 PM	29 October 2013 11:15 PM	2 mins 23 secs	12.00	2.00 ✓	2.40 ✓	4.00 ✓	0.67 ✓	1.33 ✓	1.60 ✓
Finished	30 October 2013 9:16 AM	30 October 2013 9:21 AM	5 mins 4 secs	15.73	2.00 ✓	4.00 ✓	4.00 ✓	0.67 ✓	2.67 ✓	2.40 ✓
Finished	30 October 2013 10:24 AM	30 October 2013 10:27 AM	2 mins 21 secs	9.60	2.00 ✓	0.80 ✓	4.00 ✓	0.67 ✓	1.33 ✓	0.80 ✓
Finished	30 October 2013 10:31 AM	30 October 2013 10:42 AM	11 mins 16 secs	17.07	2.00 ✓	4.00 ✓	4.00 ✓	0.67 ✓	4.00 ✓	2.40 ✓
Finished	30 October 2013 3:25 PM	30 October 2013 3:30 PM	4 mins 35 secs	10.40	2.00 ✓	0.80 ✓	4.00 ✓	0.67 ✓	1.33 ✓	1.60 ✓

Abb. 10: Teilansicht einer Auswertungsübersicht mit Punktevergabe

Lehrveranstaltung, als auch aus der Richtung der einzelnen Übungsbau-  
steine - jeweils durch die Lehrenden.  
Beispielsweise lassen sich kleine  
Übungsbeiträge über eine Aktivität  
zu einem bestimmten Termin als  
Upload einfordern (ein Server lässt  
sich in dergestalt einrichten, dass ein  
Upload nur bis zu einem bestimmten  
Zeitpunkt möglich ist), um dann an-  
schließend Kurzbewertungen durch

Abrufen der einzelnen Uploads  
durchzuführen. Diese Kurzbewertun-  
gen werden ebenfalls automa-  
tisch in die Notenlisten eingetragen  
und zusammengefasst. Jede fertige  
Notenliste lässt sich anschließend als  
Excel-Dokument exportieren und au-  
ßerhalb des LMS individuell wichten  
und weiterverarbeiten. Ein wesentli-  
cher Vorteil der LMSe ist somit auch  
das Leistungsmanagement.

#### 3.1.4. Beratung

Besonders steigend ist der Bedarf an  
Studierenden für individuelle Ber-  
atung und Information – besonders  
zu einzelnen Aufgabenstellungen.  
Der Beratungsanspruch, idealerwei-  
se im Verhältnis eins zu eins von  
Lehrenden und Lernenden, lässt sich  
aber nicht beliebig erhöhen. Durch  
die gezielte Nutzung von individuell  
gestalteten *Glossaren* und *Blogs* lässt  
sich der Beratungsquotient dahinge-  
hend deutlich verbessern, dass sich  
wiederholende Fragen und ähnliche  
Auskünfte nur einmal beantwortet  
werden müssen und automatisch  
allen Teilnehmern in gleicher Form  
zur Verfügung stehen. Durch ein ge-  
eignetes Setup lässt sich auch ein  
Feedback zu einzelnen Abgabeleis-

tungen und ergänzende Erfahrun-  
gen von Seiten der Studierenden  
dahingehend implementieren, dass  
auch von Seiten der Studierenden  
Einträge und Rückinformationen  
allen anderen Teilnehmern zur Ver-  
fügung gestellt werden können. Bei  
konsequenter Anwendung lassen  
sich auch auf einzelne Fragen-Ant-  
wort-Systeme gezielte *Strings* oder  
*Chats* entwickeln, die durch die In-  
teraktion mit weiteren Kursteilneh-  
mern zu einer langen Diskussion  
ausgebaut und behandeln werden  
können. Somit ergibt sich selbst zu  
individuellen und beliebig kleinen  
Fragestellungen, eine umfassende  
Beratungsmöglichkeit.

#### 3.1.5. Prüfungen und Leistungsabfragen

Nun wird es spannend. Das Durchführen von Prüfungen unter Nutzung von LMS offenbart einige Probleme. Zu allererst ist dabei der Bedarf an ausreichend Vertrauensschutz, Plagiats- und Betrugsgefahr zu nennen. Durch die Nutzung von Internetzugängen im Zuge einer online durch-

geführten Prüfung ist die Stärke des Systems gleichzeitig seine Schwäche. Nur schwer lässt sich vermeiden, dass Prüfungsteilnehmer unerlaubt kommunizieren und Erfahrungen sowie vermeintlich korrekte Ergebnisse austauschen. Hier hat der Markt bereits reagiert. Durch gezielte Hin-

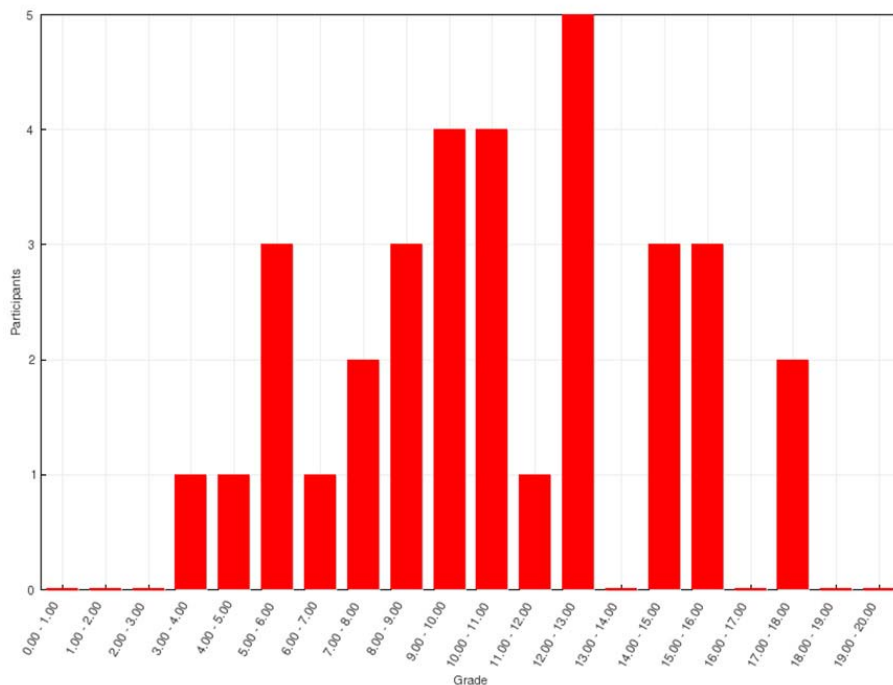


Abb. 11: Evaluierung eines Prüfungsergebnisses

zuziehung sogenannter *Log-down-Server* (kleine Programmeinheiten, die auf jedem Teilnehmernotebook zu installieren sind, z.B. „Respondus“) lassen sich Onlinezugänge auf bestimmte Prüfungselemente kanalisieren und gleichzeitig jede andere Onlineaktivität ausschließen. Durch den Einsatz dieser Technik lassen sich Onlineprüfungen sicherer durchführen. Jene Prüfungen haben einen besonderen Charme, weil sie

zwar durch einen deutlich erhöhten Aufwand vorab zu programmieren sind, bei geeigneter Programmierung aber unmittelbar nach Beenden einer Prüfung im Endergebnis vorliegen (und gleichzeitig in die oben erwähnte Prüfungsliste als Ergebnis eingetragen werden). Dieser entscheidende Vorteil verkürzt auf dramatische Weise den üblicherweise anfallenden Korrekturbedarf im Nachgang.

#### 3.1.6. Daten Logs

In strittigen Fällen ist das Tool Logfiles sehr hilfreich. Damit lässt sich im Nachhinein jeder Zugriff eines jeden Teilnehmers einer Lehrveranstaltung nachvollziehen und notfalls belegen. Damit entfällt künftig ein

Großteil von Argumenten, die i.d.R. technische Einschränkungen zum Inhalt haben. Ich empfehle aber, alle Teilnehmer einer LMS Einheit darauf hinzuweisen, um Befindlichkeiten vorzubeugen.

#### 3.1.7. Optimierungsbedarf

LMSe haben aber auch Schwächen. Nicht jeder Studierende ist gleich hoch motiviert und an einem erfolgreichen Abschluss eines Moduls interessiert. Selbst bei noch so professioneller Vorbereitung eines LMS unterstützten Moduls, lässt sich nicht

jeder Teilnehmer in der gleichen Intensität ansprechen. Weiterhin gibt es hardwaretechnische Limits, wie z. B. im Upload Bereich von Übungen zu einem gleichen Zeitpunkt (zum Beispiel Deadline bei einer Onlineabgabe, die bei gleichzeitiger Nutzung

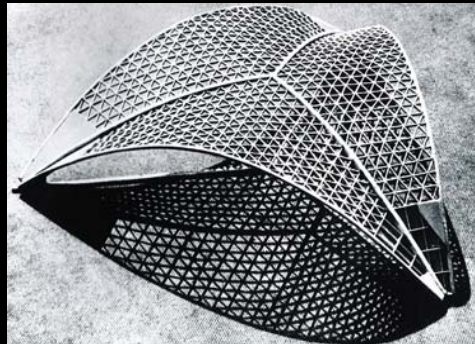
aller Teilnehmer zu Serverabstürzen führen kann). Auch das gemeinhin genannte Cheating (Betrügen) und Queraustausche von unerwünschten Informationen zum falschen Zeitpunkt sind zu nennen. Hierbei ist zu empfehlen, dass dem Anwender von Learning Management Systemen ein gewisses Umdenken nahezulegen ist, zum Beispiel bei der großzügigeren Gestattung anwendbarer Materialien zu Prüfungszwecken und damit einhergehende Anpassung der relevanten Prüfungsfragen.

Weiterhin ist anzumerken, dass durch eine überengagierte Anwendung von LMS auch eine gewisse Resistenz der Teilnehmer zu verzeichnen ist, die über ein gewisses Maß hinaus nicht mehr erreicht werden können. Es ist also festzustellen, dass ein persönlicher Kontakt zwischen Lehrenden und Lernenden offensichtlich eine essentielle Komponente erfolgreicher Lehre bleiben wird. Auch die gezielte Einzelbetreuung von Studierenden, die auch die Möglichkeit individueller Problemstellungen und vertraulicher Fragestellungen beinhaltet, kann nur durch den Individualkontakt abgedeckt werden.

Es bleibt also zusammenfassend festzuhalten, dass die große Stärke der LMSe die nahezu ungehinderte Erhöhung der Teilnehmerzahlen ist, ohne nennenswerte Einbußen und ohne nennenswerten Zuwachs der Erfordernis von Betreuungskapazitäten. Dies wird allerdings korrigiert um den Mindestbedarf an Individualbetreuung und -kontakt zwischen Lehrenden und Lernenden, der nicht beliebig reduziert werden kann. Ich bin überzeugt, dass künftige Lehrveranstaltungen ohne eine effiziente Nutzung von geeigneten LMSen immer weniger möglich werden.

Prof. Dipl.-Ing. Arch. Stefan Schäfer  
im November 2013

### 3. Lehre



#### Konstruktives Gestalten

WS 2013 / 2014

##### VORLESUNG ÜBUNG

DI 13.30 – 15.10 UHR L5 06/26  
DI 15.20 – 17.00 UHR L5 06/26

Diese Lehrveranstaltung gliedert sich in eine Vorlesungsreihe und daran anschließende, betreute Übungen. Der Schwerpunkt liegt auf der konstruktiven und gestalterischen Durcharbeitung zusammenhängender Projekte (z.B. filigrane leichte Tragwerke, sensible Strukturen, optimierter Materialeinsatz). Drei Übungen werden jeweils ca. 4 - 6 Wochen betreut bearbeitet und mit einer Präsentation abgeschlossen. Zum Leistungsumfang zählen (je nach Übungsprinzip) konstruktive und statische Nachweise, Plandarstellungen und Modelle. Interdisziplinäre Arbeitstechniken sollen angewendet werden.

##### EMPFEHLUNG

Die Lehrveranstaltung richtet sich an Studierende ab dem 1. Semester des Master-Studiengangs Bauingenieurwesen. Für die Teilnahme werden Vorkenntnisse in dem Fach Baukonstruktion empfohlen.

##### AUFGABE

- **Konzeptentwicklung** mit Skizzen und Arbeitsmodellen
- **Konstruktive Durcharbeitung** einer Tragwerksstruktur
- **Entwurfsdarstellung** anhand von Grundrissen, Ansichten, Schnitten, Isometrien und einem Arbeitsmodell
- Darstellung der Ergebnisse in Form eines schriftlichen Referats / einer mündlichen Präsentation

##### ABLAUF

Di., 15.10.2013	Folgende Themen werden in den Vorlesungen und Seminaren behandelt:
Di., 22.10.2013	
Di., 29.10.2013	
Di., 05.11.2013	
Di., 12.11.2013	Vorstellung der Lehrveranstaltung, Modelle und Pläne
Di., 19.11.2013	Entwerfen
Di., 26.11.2013	Leichtbau (1) und (2)
Di., 03.12.2013	Bauen mit Textilien (1) und (2)
Di., 10.12.2013	Bauen mit Luft
Di., 17.12.2013	Bauen mit Glas (1) und (2)
Di., 14.01.2014	Bauen mit Stahl
Di., 21.01.2014	Bauen mit Seilen
Di., 28.01.2014	Bauen mit Holz
Di., 04.02.2014	
Di., 11.02.2014	Am Ende des Semesters findet eine Tagesexkursion statt.

# TUD

Konstruktives Gestalten  
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT  
STEFAN SCHÄFER



Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Arch. Alexander Pick  
Dipl.-Ing. Jakob Reising  
  
Franziska-Braun-Straße 3  
D-64287 Darmstadt  
tel.: 06151 / 16-7032

### 3. Lehre

#### 3.2. Konstruktives Gestalten KG

Die Lehrveranstaltung Konstruktives Gestalten gliedert sich in eine Vorlesungsreihe und daran anschließende, betreute Übungen. Innerhalb der Vorlesung werden die Themenbereiche Leichtbau sowie Bauen mit Holz, Glas, Stahl, Textilien, Seilen und Luft behandelt. In den 3 Übungsteilen werden die Vorlesungsthemen in den jeweiligen Aufgaben aufgegriffen und unter konstruktiven und gestalterischen Gesichtspunkten durchgearbeitet. Die Übungen werden jeweils 4-6 Wochen bearbeitet und jeweils mit einer Präsentation abgeschlossen. Die Studierenden entwickeln z. B. filigrane leichte Tragwerke, sensible Strukturen und optimieren diese innerhalb des Entwurfsprozesses in Hinblick auf den Materialeinsatz oder ihre Tragfähigkeit. Zunächst wird zur Konzeptfindung auf Skizzen und Arbeitsmodelle zurückgegriffen, die dann durch die konstruktive Durcharbeitung und Detailierung anhand von Zeichnungen und Abgabemodell(-en) dargestellt werden. Zum Leistungsumfang zählen (je nach Aufgabe) konstruktive und statische Nachweise, Plandarstellungen und Modelle. Zusätzlich

sollen interdisziplinäre Arbeitstechniken wie z.B. das Rapid Prototyping im 3D Plottverfahren angewendet werden.

Im Wintersemester 2013/2014 wurde das Prinzip der Kettenlinie in Bezug auf die Entwicklung von Hängekonstruktionen behandelt. Mit der Aufgabe sollten strukturelle Überlegungen und die geeignete Formfindung in individuellen Versuchen erprobt werden. Ziel ist das Verständnis der Abhängigkeiten von Kraftfluss und Form unter zeitgleicher Betrachtung der Gestaltung und der Ästhetik.

Durch die Komplexität der einzelnen Abhängigkeiten wurde das Verständnis der Zusammenhänge von Konstruktion und Gestaltung gestärkt.

In den weiterführenden Aufgaben fließen die zuvor gewonnen Erkenntnisse der Studierenden in die weitere Bearbeitung mit ein, so dass sich der Lerneffekt in einem übergreifenden Optimierungsprozess wieder spiegelt.

Abb. 12: Poster zur Lehrveranstaltung Konstruktives Gestalten WS 2013/14



3.2.1. Studentische Arbeiten „form follows gravity“, WS 2013/14

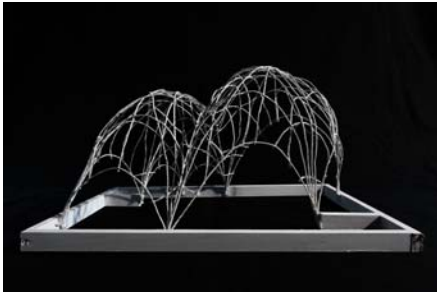


Abb. 13: Modell, Simon Bielmeier



Abb. 14: Modell, Simon Bielmeier

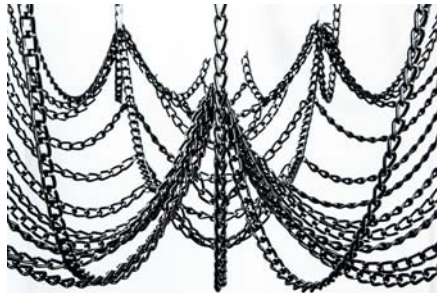


Abb. 15: Modell, Anneli Wagner



Abb. 16: Modell, Isabelle Steffen



Abb. 17: Modell, Martin Claus Müller



Abb. 18: Modell, Martin Claus Müller

3.2.2. Studentische Arbeiten „Ein Dach für den Konstabler“, WS 2013/14



Abb. 19: Visualisierung, Kais Hassan Bashariar



Abb. 20: Visualisierung, Simon Bielmeier

#### 3.2.3. Die armierten Ziegelschalen des Eladio Dieste

Alexander Pick, Stefan Schäfer

Der Ziegelstein als Baustoff war bis zum 19. Jahrhundert das meist verwendete konstruktive Material im Bauwesen. In der Folge wurde der Ziegel durch moderne Konstruktionen und Materialien wie Glas, Stahl und Beton in Teilen ersetzt und verlor nach und nach an Bedeutung [1].

Eladio Dieste erkannte früh die Potentiale des Ziegels und entwickelte

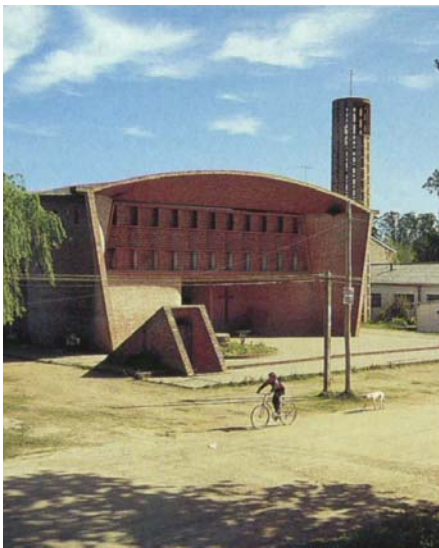


Abb. 21: Kirche in Atlántida, Uruguay

entgegen dem Trend Schalenkonstruktionen als Verbundwerkstoff von Ziegeln und Baustahl, der als Zugbewehrung dient. Durch diese neue Bauweise war es ihm erstmals möglich, weit spannende Dachkonstruktionen aus Ziegeln zu realisieren. Dieste reduzierte seine Bauwerke in der innen und/oder äußeren Gestalt auf den Ziegel als Sichtmauerwerk. Dadurch erreichte er bei seinen Bauten eine im besonderen Maße weitgehende Einheit von architektonischer Form, Konstruktion und Tragwerk [2].

Den Anfang seiner Werke machte das Wohngebäude Casa Berlingieri im Jahr 1946 in Punta Ballena, Uruguay, das als Tonnenschale ausgeführt wurde. In den folgenden Jahren hat Dieste Bauwerke für die unterschiedlichsten Nutzergruppen konzipiert, die sich sich grob in fünf Grundtypen einordnen lassen [3].

- 1) Bogenschalen
- 2) Tonnenschalen
- 3) Wellenschalen
- 4) Faltwerke
- 5) Turmkonstruktionen

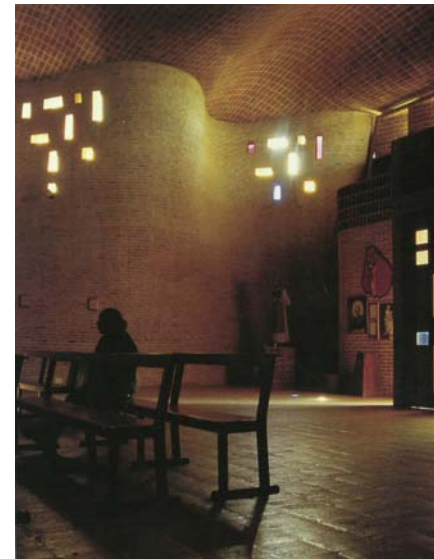


Abb. 22: Innenraum der Kirche in Atlántida, Uruguay

Der Durchbruch gelang Dieste mit der Kirche von Atlántida in den Jahren 1958-1960, bei der doppelgekrümmte armierte Ziegelschalen den Kirchenraum im Mittel von 16 m überspannen [4]. Das Dach wird dabei auf einer geraden Grundlinie aufsteigenden, wellenformigen, konoiden Wand aufgelagert [4]. In den Wänden ordnet er zur Belichtung kleine Öffnungen an, die den Innenraum dem Anlass entsprechend hell, warm und zurückhaltend erstrahlen lassen.

In der Folge werden die beim Bau der Kirche von Atlántida gewonnen Erkenntnisse weiter entwickelt und konkretisiert. „Während die Kirchen im Werk von Dieste Unikate bleiben, bilden seine Hallenkonstruktionen kontinuierlich weiterentwickelte Werkreihen“ [5].

Zu seinen bekanntesten Bauwerken zählt eine Tankstellenüberdachung in der Stadt Salto in Uruguay, die aufgrund ihrer flügelartigen Kragplatte den Beinamen „La Gaviota“ (dt.: die Möwe) erhielt [3].

Zu Ehren Diestes wurde die „Möwe“ nach dem Umbau der Tankstelle zusammen mit einem Gedenkstein an den Ortseingang von Salto versetzt.



Abb. 23: Denkmal zu Ehren Diestes, Salto, Uruguay



Neben den Tonnenschalen hat Dieste zahlreiche Konstruktionen als Bogenschale ausgeführt, bei denen sich zweifach gekrümmte Schalen ergeben. Mit Hilfe der Bogenschalen gelang es Dieste Distanzen bis zu 50 m zu überspannen. Für das Material untypisch, löste Dieste die Dachkonstruktion auf und ordnete shedartige Öffnungen zur Belichtung der Innenräume an.

Beim Entwurf der Bogenschalen verwendete Dieste die Kettenlinienform und bediente sich der Vorteile der Schalentragswirkung, so dass bei den Tragwerken unter Eigengewicht nur Druck entsteht [2].



Abb. 24: Baustellenfoto einen Bogenschale als Sheddach

Neben den zuvor genannten Schalentragswerken entwarf Dieste vereinzelt aber auch Faltwerke wie bspw. die IGLESIA DI SAN PEDRO in Durazno, Uruguay oder Turmbauwerke als Wasser-, Kirch- oder Fernsehtürme wie bspw. den TORRE DE COMUNICACIONES PARA TELEVISION in Maldonado, Uruguay.

Ein grundlegendes Konstruktionsprinzip stellt die Kombination der Ziegel mit dem Baustahl als Zugbewehrung dar. Er verwendete Vollziegel oder speziell hergestellte und geformte Lochziegel, die ohne Verband auf einer ebenen oder gekrümmten Schalung verlegt wurden [2].



Abb. 25: Anordnung der Ziegel auf der Schalung

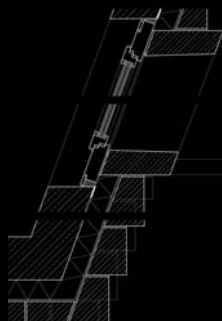


Abb. 26: Don Bosco School Gymnasium, Montevideo, 1983-1984

Durch aufgenagelte Leisten konnten die Ziegel einerseits positioniert werden, andererseits konnte die nötige untere Bewehrung in den späteren Hohlräumen direkt verlegt werden. Mit Hilfe der „Formziegel“ wurde gewährleistet, engere Krümmungen der Ziegelschale herzustellen, ohne auf der Unterseite breite Fugen zu erhalten. Im Anschluss wurde eine ca. 3 cm starke Mörtelschicht aufge-

tragen, in der eine zusätzliche Netzbewehrung zur Rissbeschränkung angeordnet wurde. Je nach Anforderungen wurde eine Bewehrung, diagonal zum Verband, zur Aufnahme von Schubkräften oder, soweit statisch erforderlich, eine Spannbewehrung verlegt. Die obere Lage wurde entweder nur verputzt und weiß gestrichen, oder es wurde eine weitere Ziegellage aufgebracht [2].





TUD

Konstruktives Gestalten  
und BaukonstruktionPROF. ARCHITEKT  
STEFAN SCHÄFER

## Baukonstruktion

SS 2013

Baukonstruktion-Projekt  
Baukonstruktion-Übung  
Di 16.00 – 18.00 UHR L402/6  
FR 09.50 – 12.50 UHR L5 01/342+347

Das Modul Baukonstruktion gliedert sich in zwei Veranstaltungsteile.

Der erste Teil des Moduls Baukonstruktion besteht aus betreuten Saalübungen und zwei abschließenden Hausübungen.

In den Saalübungen werden konstruktive Details zeichnerisch ausgearbeitet, abgegeben und bewertet. Die Aufgaben sind so gestaltet, dass sie während der Übungen fertiggestellt werden können. Weiterhin werden zwei Hausübungen angeboten, von denen mindestens eine bearbeitet werden muss.

Die Studienleistung wird durch den erfolgreichen Abschluss der Saal- und Hausübungen erbracht.

Der zweite Veranstaltungsteil, das Bauko-Projekt, befasst sich mit dem Entwurf eines kleinen Hochbauprojekts und einer anschließenden vertiefenden, detaillierenden Durcharbeitung der Grundrisse, Schnitte, Ansichten sowie einzelner Schlüsseldetails.

Beide Veranstaltungsteile vermitteln und vertiefen baukonstruktive Zusammenhänge und detaillieren einzelne Themen wie bspw. Gründung, Abdichtung, Gebäudehülle und Dach.

Es wird empfohlen, zuvor und mindestens zeitparallel das Modul Grundlagen des konstruktiven Hochbaus zu besuchen.

Baukonstruktion-Übung		Baukonstruktion-Projekt	
Fr. 03.05.2013	Übung (1+2)	Di. 14.05.2013	Korrektur 1
Fr. 31.05.2013	Übung (3+4)	Di. 28.05.2013	Korrektur 2
Fr. 14.06.2013	Übung (5+6)	Di. 04.06.2013	Zwischenpräsentation
Fr. 28.06.2013	Übung (7+8)	Di. 18.06.2013	Korrektur 3
Fr. 12.07.2013	Übung (9+10)	Di. 02.07.2013	Korrektur 4

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Arch. Alexander Pick  
M. Eng. Robert BurgaßPetersenstraße 12  
D-64287 Darmstadt  
tel: 06151 / 16-7032

## 3.3. Baukonstruktion BK

Das Modul „Baukonstruktion“ besteht aus den Teilveranstaltungen Baukonstruktion-Übung (BK-Ü) und Baukonstruktion-Projekt (BK-P).

Die Teilveranstaltung BK-Ü beinhaltet mehrere Saal- und Hausübungen. Infolge der betreuten Saalübungen sind zeichnerische Ausarbeitungen, wie z. B. Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Axonometrien oder Details zu einem vorgegebenen Gebäude anzufertigen und abzugeben. Ergänzend dazu sollen in den Hausübungen kleinere Umbau- oder Erweiterungsmaßnahmen an dem bereits bekannten Bauwerk geplant und anhand von Zeichnungen sowie einem Modell visualisiert werden.

Die Teilveranstaltung BK-P befasst sich mit dem Entwurf eines kleinen Hochbauprojekts. Auf Grundlage von Skizzen zur Gestaltfindung erfolgt die vertiefende Planung des Gebäudes mit Hilfe von Grundrissen, Schnitten, Ansichten und Schlüsseldetails. Abschließend ist das Entwurfskonzept und die damit verbundenen Konstruktionen anhand eines Gebäudemodells darzustellen.

Im Sommersemester 2013 hatten die teilnehmenden Studierenden im Rahmen von BK-P die Aufgabe, auf dem Campus Lichtwiese einen Prototyp für 10 baugleiche Gästehäuser zu entwickeln. Ziel des Entwurfs war, ein möglichst hohes Maß an Komfort mit einem kompakten Wohnkonzept zu kombinieren. Dazu standen jeder Gebäudeeinheit die maximalen Außenabmessungen von 6 m in der Breite, Länge und Höhe zur Verfügung. Die Konstruktion des Gästehauses konnte frei gewählt werden, musste aber den heutigen bauphysikalischen Anforderungen entsprechen. Darüber hinaus war die Ausrichtung der Gebäude so zu gestalten, dass eine ausreichende Privatsphäre in Hinblick auf die öffentliche Wegführung auf dem Campus und die benachbarte Schrebergartenanlage gewährleistet war.

Den Schlusspunkt des Moduls - gemeinsam mit Studierenden aus anderen Modulen - bildete im SS 2013 eine praxisbezogene Exkursion zu dem Bauprojekt Taunusturm und dem Deutschen Architekturmuseum in Frankfurt am Main.

Abb. 27: Poster zur Lehrveranstaltung Baukonstruktion SS 2013

3.3.1. Studentische Arbeiten „small houses“, SS 2013

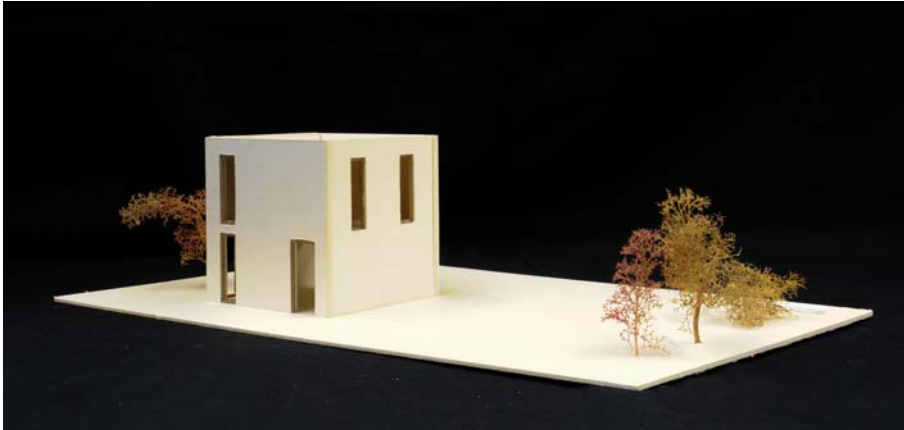


Abb. 28: Entwurfsmodell, Colin Schulze



Abb. 29: Entwurfsmodell, Julian Christ



Abb. 30: Entwurfsmodell, Sophie Wittig



Abb. 31: Entwurfsmodell, Johannes Koch

### 3. Lehre



# TUD

Konstruktives Gestalten  
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT  
STEFAN SCHÄFER



## Grundlagen des konstruktiven Hochbaus SS 2013

VORLESUNG DI 13.30 – 15.00 UHR L5 06/11

In dieser Veranstaltung werden die konstruktiven Zusammenhänge und Detaillösungen, die bei Hochbauprojekten üblicherweise anzutreffen sind, vermittelt. Der Inhalt der Vorlesungen behandelt Konstruktionsgrundlagen und Zusammenhänge von Bauteilen anhand von praxisbezogenen Beispielen (von der Gründung bis zum Dach). Den Schlusspunkt der Lehrveranstaltung bildet eine Exkursion.

Das Ziel der Vorlesung ist es, ein baukonstruktives Verständnis im Bereich Bauteilgestaltung, Konzeption und Darstellung zu erlangen. Die Lehrveranstaltung dient der Grundlagenvermittlung und setzt keine fachbezogenen Vorkenntnisse voraus. Ein vorlesungsbegleitendes Skript ist erhältlich.

Das Modul Grundlagen des konstruktiven Hochbaus ist eine reine Vorlesungsveranstaltung. Sie besteht aus den Veranstaltungsteilen Baukonstruktion Vorlesung und Bauphysik Vorlesung. Als Leistungsnachweis dient eine bestandene Klausur, die zu 50% aus einem baukonstruktiven Teil und zu 50% aus einem bauphysikalischen Teil besteht.

In der Lehrveranstaltung werden die theoretischen Grundlagen vermittelt, auf die das Modul Baukonstruktion aufbaut.

ABLAUF

Di. 16.04.2013	1. Einführung
Di. 23.04.2013	2. Vorlesung
Di. 30.04.2013	3. Vorlesung
Di. 07.05.2013	4. Vorlesung
Di. 14.05.2013	5. Vorlesung
Di. 21.05.2013	6. Vorlesung
Di. 28.05.2013	7. Vorlesung
Di. 04.06.2013	8. Vorlesung
Di. 11.06.2013	9. Vorlesung
Di. 18.06.2013	10. Vorlesung
Di. 25.06.2013	11. Vorlesung
Di. 02.07.2013	12. Vorlesung
Di. 09.07.2013	13. Vorlesung
Di. 16.07.2013	Exkursion

Folgende Themen  
werden in den Vorlesungen  
behandelt:

- Zeichnen+Darstellen
- Maßordnung+Module
- Tragwerke
- Baugrund / Baugrube
- Gründung
- Abdichtung
- Wand
- Decken
- Dach (flach)
- Dach (geneigt)
- Treppe
- Gebäudehülle
- Gebäudetechnik

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Arch. Alexander Pick  
M. Eng. Robert Burgaß

Petersenstraße 12  
D-64287 Darmstadt  
tel: 06151 / 16-7032

### 3. Lehre

#### 3.4. Grundlagen des konstruktiven Hochbaus GH

Das Modul „Grundlagen des konstruktiven Hochbaus“ besteht aus 2 Teilveranstaltungen, die gemeinsam von KGBauko und dem Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen angeboten werden.

Die als reine Vorlesungsreihe konzipierte Teilveranstaltung „Grundlagen des konstruktiven Hochbaus, Teil 1“ umfasst die Vorstellung der konstruktiven Zusammenhänge und Detaillösungen, die bei Hochbauprojekten üblicherweise anzutreffen sind. Dabei werden alle relevanten Konstruktionsgrundlagen zu den einzelnen Bauteilen eines Gebäudes (von der Gründung bis zum Dach) anhand von praxisnahen Beispielen behandelt. Ziel der Vorlesung ist es, ein baukonstruktives Verständnis im Bereich Bauteilgestaltung, -konzeption und -Darstellung zu vermitteln.

Die ebenfalls als reine Vorlesungsreihe konzipierte Teilveranstaltung „Grundlagen des konstruktiven Hochbaus, Teil 2“ umfasst die Vorstellung der grundlegenden Zusammenhänge des Wärme-, Feuchte-,

Schall-, und Brandschutzes, die anhand von einfachen Beispielen typischer Baukonstruktionen erläutert werden. In diesem Zusammenhang wird auch Bezug zu Werkstoffen und deren bauphysikalisches Verhalten genommen.

Den Schlusspunkt des Moduls - gemeinsam mit Studierenden aus anderen Modulen - bildete im Sommersemester 2013 eine praxisbezogene Exkursion zu dem Bauprojekt Taunusturm und dem Deutschen Architekturmuseum in Frankfurt am Main.

Abb. 32: Poster zur LV Grundlagen des konstruktiven Hochbaus SS 2013

### 3. Lehre



# TUD

Konstruktives Gestalten  
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT  
STEFAN SCHÄFER



## Green Building Design II SS 2013

**VORLESUNG** DI 09.50 – 11.30 UHR L5 06/26  
**ÜBUNG** DI 11.40 – 13.20 UHR L5 06/26

Die Lehrveranstaltung gibt einen umfassenden Einblick in die energetische Gebäudeanalyse unter Berücksichtigung verschiedener baukonstruktiver Detaillösungen. Bauen mit der Sonne und energetische Hauskonzepte werden in Seminarform erörtert. Hierzu gehören gezielte wissenschaftliche Fragen sowohl zu Materialien (z.B. Glas, Holz, verschiedene Dämmstoffe) als auch zu Konstruktionen (z.B. adaptive Bauteile, aktive / passive Wände).

**EMPFEHLUNG**

Die Lehrveranstaltung richtet sich an Studierende ab dem 1. Semester des Master-Studiengangs Bauingenieurwesen. Für die Teilnahme werden Vorkenntnisse in den Fächern Baukonstruktion oder Grundlagen des konstruktiven Hochbaus empfohlen.

**AUFGABE**

- Recherchearbeit zu verschiedenen aktuellen Themen
- Darstellung der Ergebnisse in Form eines schriftlichen Referats
- Bearbeitung eines kleinen Green Building Projektes
- Präsentation anhand eines mündlichen Vortrags

**ABLAUF**

Di., 16.04.2013	Einführungsvorlesung
Di., 23.04.2013	Vorlesung und Vergabe der Referatsthemen
Di., 30.04.2013	Übungen / Korrekturen zu den Teilaufgaben
Di., 07.05.2013	Übungen / Korrekturen zu den Teilaufgaben
Di., 14.05.2013	Übungen / Korrekturen zu den Teilaufgaben
Di., 21.05.2013	Präsentation der Referate
Di., 28.05.2013	Abgabe der Ausarbeitung Vorstellung der Entwurfsaufgabe
Di., 04.06.2013	Übungen / Korrekturen zu den Teilaufgaben
Di., 11.06.2013	Übungen / Korrekturen zu den Teilaufgaben
Di., 18.06.2013	Zwischenpräsentation
Di., 25.06.2013	Übungen / Korrekturen zu den Teilaufgaben
Di., 02.07.2013	Übungen / Korrekturen zu den Teilaufgaben
Di., 16.07.2013	Abgabe der Seminararbeit
Di., 30.07.2013	Abschlusspräsentation + Modellabgabe

**Ansprechpartner:**  
Dipl.-Ing. Jakob Reising  
Dipl.-Ing. Scholeh Abedini

Petersenstraße 12  
D-64287 Darmstadt  
tel: 06151 / 16-7032  
fax: 06151 / 16-7034

### 3. Lehre

#### 3.5. Green Building Design GBD

Die Lehrveranstaltung „Green Building Design“ gibt einen umfassenden Einblick in die energetische Gebäudeanalyse unter Berücksichtigung verschiedener, baukonstruktiver Detaillösungen.

Anhand ausgewählter Beispiele von Bauwerken werden aktuelle Konstruktionsprinzipien in Seminarform erörtert. Hierzu gehören gezielte wissenschaftliche Fragen sowohl zu Materialien (z.B. Glas, Holz, verschiedene Dämmstoffe) als auch zu Konstruktionen (z.B. adaptive Bauteile, aktive/passive Wände). Darüber hinaus greift die Lehrveranstaltung das Thema erneuerbare Energien und deren effektive Nutzung auf. So werden aktuelle technische Entwicklungen aus den Bereichen Photovoltaik, Solarthermie, Geothermie, Windkraft und Biomasse vorgestellt. Dabei soll als wesentlicher Lerneffekt das effiziente Zusammenspiel technischer und konstruktiver Komponenten an Bauwerken geübt und simuliert werden.

Neben Recherchearbeiten und einem schriftlichen Referat zu individuellen

Green Building Themen ist eine Entwurfsaufgabe integraler Bestandteil der Lehrveranstaltung. Die von den Teilnehmern zu planenden ganzheitlichen Gebäudekonzepte mit wechselnden Aufgabenschwerpunkten werden dabei in wöchentlich angebotenen Sprechstunden sukzessive optimiert und im Rahmen von zwei Zwischen- und einer Abschlusspräsentation präsentiert.

Im Sommersemester 2013 hatten die teilnehmenden Studierenden die Aufgabe, die einzelnen Lebenszyklus-Stationen eines ausgewählten Baustoffs im Rahmen einer schriftlichen Ausarbeitung zu analysieren. Dies beinhaltete beispielsweise, dass die gesamten Emissionen aus der Produktion, dem Recycling oder der Entsorgung des Baustoffs den Vorteilen während der Nutzungsphase gegenübergestellt werden. Die dabei gesammelten Erkenntnisse sollten daraufhin bei dem Entwurf eines flexiblen Staffelfgeschosses für ein ausgewähltes Gebäude in Darmstadt angewendet werden.

Abb. 33: Poster zur Lehrveranstaltung Green Building Design SS 2013

3.5.1. Studentische Arbeit SS 2013, Entwurf von Andreas Schadt

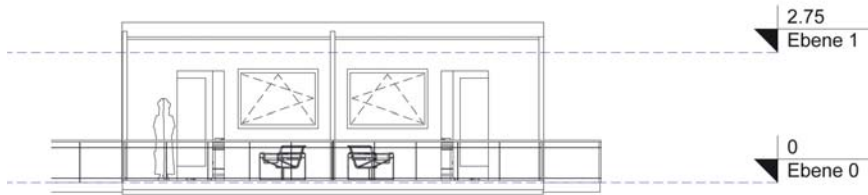


Abb. 34: Ansicht Süd

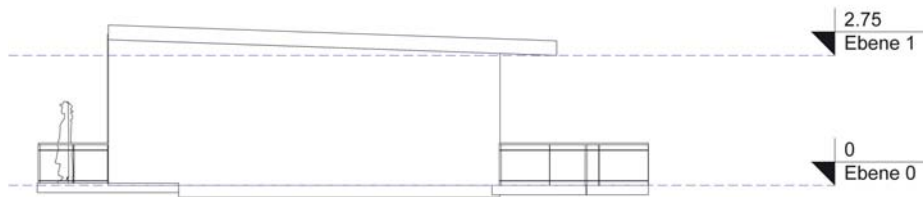


Abb. 35: Ansicht Ost



Abb. 36: Visualisierung, Blick aus Südwest

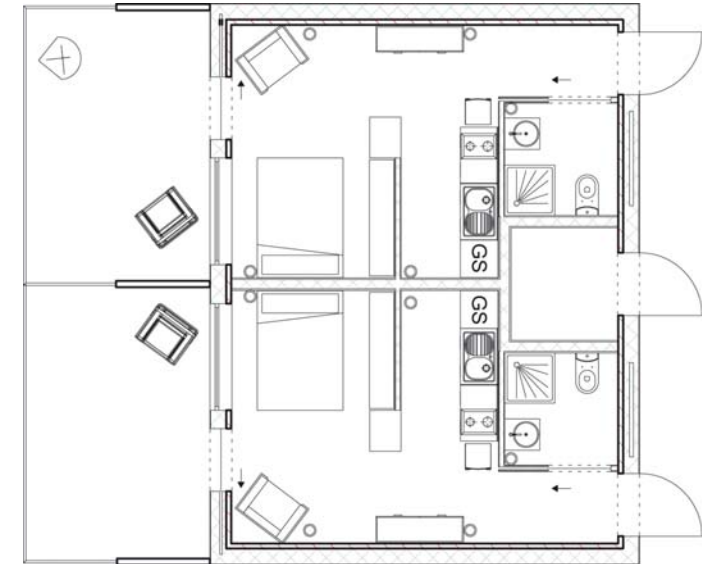


Abb. 37: Grundriss Erdgeschoss



Abb. 38: Visualisierung, Blick aus Nord



3.5.2. Studentische Arbeit SS 2013, Entwurf von Tamara Nitka

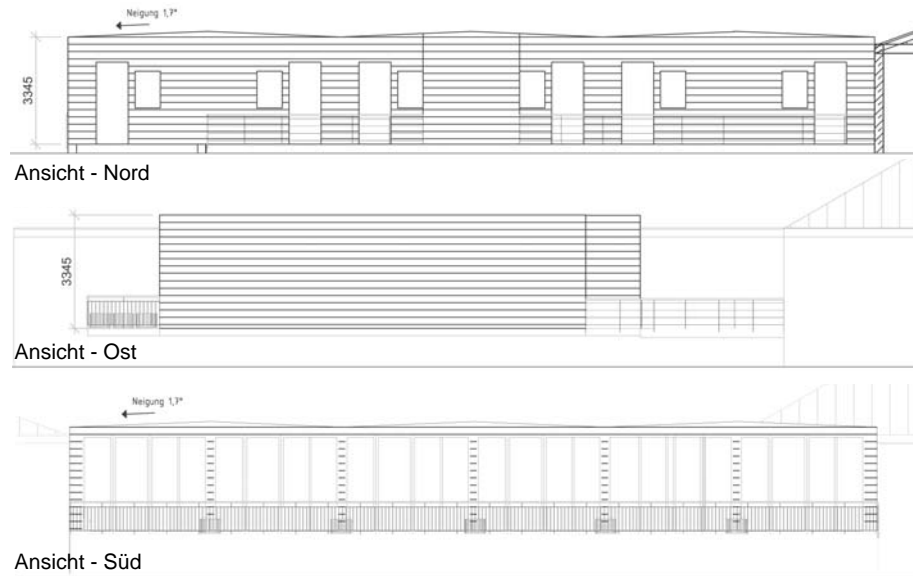


Abb. 39: Ansichten

Abb. 40: (unten) Visualisierung, Blick aus Südost

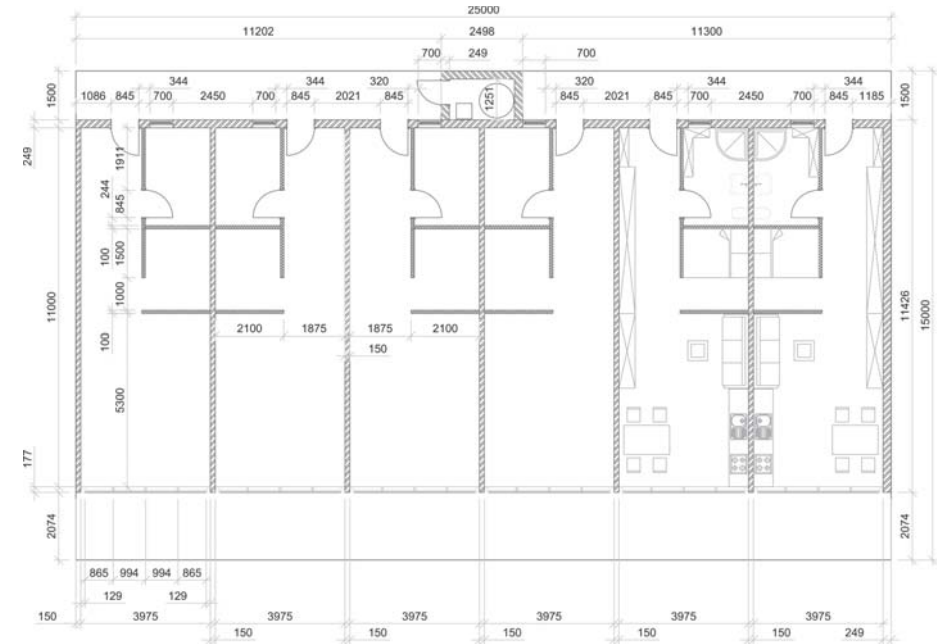


Abb. 41: Grundriss Erdgeschoss



Abb. 42: Visualisierung, Blick in das Gebäude

### 3. Lehre



# TUD

Konstruktives Gestalten  
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT  
STEFAN SCHÄFER



## Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus WS 2012 / 2013

**VORLESUNG** Fr 15.20 – 17.00 UHR L5 06/32  
**ÜBUNG** Fr 15.20 – 17.00 UHR L5 06/32

Die Geschichte der Ingenieurbauten ist vielfältig und häufig durch konstruktive Erfindungen einzelner Personen oder durch die Entwicklung neuer Materialkomponenten geprägt. In diesem Zusammenhang wird im Wintersemester 2012/2013 die Thematik der Brücken von den Anfängen bis in die heutige Zeit erläutert. Ziel der Lehrveranstaltung ist es, neben der Extraktion technologischer und konstruktiver Entwicklungslinien auch baugeschichtliche und konstruktive Details zu betrachten. Darüber hinaus versteht sich das Modul auch als ein E-Learning-Projekt. So sind Bestandteile der Aufgabenstellung online mit Hilfe eines MediaWiki-Systems zu bearbeiten.

**EMPFEHLUNG**

Die Lehrveranstaltung richtet sich an Studierende ab dem 1. Semester des Master-Studiengangs Bauingenieurwesen. Für die Teilnahme werden Vorkenntnisse in CAD, sowie in den Fächern Baukonstruktion oder Konstruktives Gestalten empfohlen.

**AUFGABE**

- Bestandsaufnahme eines historischen Brückenbauwerks.
- Belegarbeit über die Material-, Konstruktions- oder Entwurfsentwicklungen im Brückenbau.
- Konstruktive Gestaltung und Entwurf einer Brücke im historischen Kontext an einem vorgegebenen Standort.

**ABLAUF**

Fr., 19.10.12	Vorlesung - Einführung, Grundlagen der Brückengestaltung
Fr., 26.10.12	Vorlesung - Vorstellung der Teilaufgaben
Fr., 02.11.12	Vorlesung - Brückenbau: Geburtsstunde der Bauingenieure Teil 1
Fr., 09.11.12	Vorlesung - Brückenbau: Geburtsstunde der Bauingenieure Teil 2
Fr., 16.11.12	Vorlesung - Systematik der Brückentragssysteme und Gestaltungsparameter
Fr., 23.11.12	Vorlesung - Grundlegende Tragkonstruktionen und der Bau von Brücken
Fr., 30.11.12	Vorlesung - Konstruktives Durchbilden von Straßenbrücken
Fr., 07.12.12	Vorlesung - Brückenausstattungen
Fr., 14.12.12	Vorlesung - Zwischenpräsentation
Fr., 18.01.13	Entwurfsbetreuung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Fr., 25.01.13	Entwurfsbetreuung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Fr., 01.02.13	Entwurfsbetreuung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Fr., 08.02.13	Entwurfsbetreuung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Fr., 15.02.13	Entwurfsbetreuung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Fr., 01.03.13	Abgabe aller Teilleistungen
Fr., 14.03.13	Abschlusspräsentation

Ansprechpartner:  
M. Eng. Robert Burgaß

Petersenstraße 12  
D-64287 Darmstadt  
tel: 06151 / 16-7035  
fax: 06151 / 16-7034

### 3. Lehre

#### 3.6. Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus GKI

Die Geschichte der Ingenieurbauten ist vielfältig und häufig durch konstruktive Erfindungen einzelner Personen oder durch die Entwicklung neuer Materialkomponenten geprägt. Untereinander gibt es, auch mit Querbezügen verschiedener kultureller Epochen, chronologische Zusammenhänge.

Anhand ausgewählter Beispiele von Ingenieurbauwerken, Konstrukteuren, Materialentwicklungen und Konstruktionsprinzipien wird die Thematik der Straßenbrücken von den Anfängen bis in die heutige Zeit erläutert. Ziel der Lehrveranstaltung ist es, neben der Extraktion technologischer und konstruktiver Entwicklungslinien auch das baugeschichtliche und baukonstruktive Detailwissen im Bezug auf den Brückenbau zu festigen. Die dabei vermittelten Grundlagen sind abschließend bei dem Entwurf einer modernen Brückenkonstruktion anzuwenden.

Darüber hinaus versteht sich die Lehrveranstaltung auch als ein E-Learning-Projekt, welches neue Wege des Lernens und Lehrens aufgreift. So sind Bestandteile der Aufgabenstellung online mit Hilfe eines MediaWiki-Systems zu bearbeiten.

Die Lehrveranstaltung wird im Wintersemester 2013/2014 einmalig nicht angeboten.

Abb. 43: Poster zur Lehrveranstaltung Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus WS 2012/2013



### 3. Lehre - 3.6. Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus

#### 3.6.1. Studentische Arbeiten vergangener Semester

##### Räumliche und zeitliche Zuordnung

Der Eiserne Steg, auch Mainkai genannt, war die erste steife beziehungsweise versteifte Hängebrücke aus genietetem Eisenfachwerk.<sup>1</sup>

Die Mainbrücke am Mainkilometer 35,26<sup>2</sup> mit den Koordinaten 50°6'29" N, 8°40'56" verbindet die nördlich des Mains gelegene Frankfurter Altstadt mit dem südlich des Mains gelegenen Stadtteil Sachsenhausen, und zählt bis heute zu den bekanntesten Baudenkmälern der Stadt.<sup>2</sup> Die seit ihrer feierlichen Einweihung am 29.9.1869 bestehende Brücke im neugothischen Stil wurde seit jeher ausschließlich als Fußgängerbrücke genutzt, und ermöglicht somit die direkte Mainüberquerung zwischen dem südlichen Schaumainkai und dem nördlichen Mainkai.<sup>4</sup>

Der damalige Oberingenieur der Stadt Frankfurt am Main Johann Peter Wilhelm Schmick (geb. 4.9.1833, gest. 13.9.1899), begann im Jahre 1863 mit dem Entwurf der Brücke und übernahm gleichzeitig in den Baujahren 1868/1869 die Bauleitung.<sup>5</sup>

Die Stahlkonstruktion, als eisen bezeichnet da dies der damals übliche Begriff für Stähle war, wurde von der Eisengießerei und Maschinenfabrik J.S.Fries&Sohn gefertigt und errichtet, den Bau der steinernen Stropfeiler sowie landseitigen Widerlager übernahm die Firma Knabenschuh&Wallot.<sup>5</sup> Über die gesamte Zeit seiner Nutzung hinweg erfuhr der Eiserne Steg zum Teil gravierende Umbau- beziehungsweise Wiederaufbaumaßnahmen, zu deren umfangreichsten der Umbau im Jahre 1911/1912, der Wiederaufbau

im Jahre 1946 nach der Brückensprengung, der nochmalige Umbau zur Erhöhung der Durchfahrthöhe für den Schiffsverkehr 1969 sowie die grundsätzliche Erneuerung und Restaurierung in den Jahren 1992/1993 zählen.<sup>6</sup>

##### Geschichtlicher Verlauf bis heute

In seinem Buch "Ingenieurbaukunst in Frankfurt am Main 1806-1914" gibt Volker Rodel aufschlussreiche Einblicke in die Entstehung des Projektes und den weiteren Verlauf über die Jahre. Schon im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts wird für die Stadt Frankfurt erkennbar, dass die "Alte Brücke", bis Mitte des 19. Jahrhunderts die einzige steinerne Brücke am Unterlauf des Mains, dem wachsenden Verkehr nicht mehr gerecht wird.

Die ca. 400 Meter des heutigen Eisernen Stegs gelegene Brücke diente nicht nur dem städtischen Verkehr zwischen Frankfurter Altstadt und Sachsenhausen, sondern war gleichzeitig wichtiger Bestandteil des überregionalen Verkehrs der alten Nord-Süd Handelsroute.<sup>7</sup> So stieg in der Frankfurter Gesellschaft das Verlangen nach einer weiteren Brücke zur Überquerung des Mains, deren Diskussion sich um geschätzte 50 Jahre hinzog.<sup>2</sup> Erste Entwürfe, wie beispielsweise die von J. Riegand im Jahre 1855 für eine bewegliche Brücke, wurden abgelehnt und erst im Jahre 1901 kam es zu ernsthaften Projektplanungen aus Bürgernitiativen, da die Stadt Frankfurt zu diesem Zeitpunkt keine rechte Entscheidungsfindung bezüglich eines Brückenbauvorhabens an den Tag legte.<sup>7</sup>

Jedoch wurde durch den Ausbruch des Preußisch-Deutschen Krieges im Jahre 1866 die Realisierung etwaiger Projekte durch die Stadt Frankfurt aus finanziellen und politischen Gründen undenkbar, und so gründeten im Jahre 1867 ein Zusammenschluss von Bürgern eine "Aktiengesellschaft zur Errichtung einer Eisernen Brücke am Fahrtor".<sup>8</sup>

Nach Erhalt der königlichen Konzession am 20.7.1868 begann der Bau des Eisernen Steges und wurde am 29.9.1869 feierlich eröffnet.<sup>6</sup> Da eine Straßenbrücke erhebliche Umbaumaßnahmen am rechten Mainufer nach sich gezogen hätte, und somit der Erhalt der historischen Bebauung nicht möglich gewesen wäre, wurde der Eiserne Steg als reine Fußgängerbrücke konzipiert, was jedoch zumindest eine Teillastung der "Alte Brücke" mit sich brachte.<sup>7</sup> Da die Baufinanzierung mit einer Baukostenfestlegung von 120.000 Gulden über die Anteilschöne der Aktiengesellschaft abgedeckt waren, war der Eiserne Steg

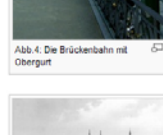
bis zu seiner Amortisationszeit im Jahre 1886 gebührenpflichtig.<sup>2</sup> Bereits im Jahre 1893 kommt es zu ersten Nutzungseinschränkungen der Brücke. Da die Belastbarkeit der Brücke bereits beim Genehmigungsverfahren ein heikles Thema war, verfügte der Regierungspräsident eine Polizeiverordnung, die besagte, dass zur weiteren Sicherstellung der einwandfreien Nutzung der Personenverkehr auf 1100 Menschen begrenzt werden müsste. Als im selben Jahr die Großherzoglich hessische Regierung eine Höherlegung der Brücke um 1,59 Meter zur Fortsetzung der Mainkanalisation bis Offenbach forderte, kam es in den Folgejahren zu etlichen Diskussionen und Verhandlungen zwischen Preußen und Hessen. Zeitweilig kam es im Jahr 1904 sogar so weit, dass der Eiserne Steg vollständig gesperrt wurde, da der 1897 entfernte Dohlenbelag der Brückenbahn durch einen Monier-Belag (heutiger Stahlbeton) ersetzt wurde, und dieser aufgrund seines höheren Eigengewichts nicht mehr mit der Statik der Brücke vereinbar war. Weiterhin ergaben Bohrprobenuntersuchungen im Jahre 1909 eine erhebliche

Querschnittsschwächung infolge Korrosion, und somit wurden schließlich im Jahre 1911 die Umbaumaßnahmen beschlossen.<sup>7</sup>

Die Kosten für Umbau, Restaurierung und Höherlegung um 2,85 Meter beliefen sich in den Jahren 1911/1912 auf 300.000 Goldmark.<sup>2</sup> Die im ursprünglichen Zustand charakteristischen neugothischen Fialen am oberen Abschluss der Stropfeiler wurden entfernt, und im neuen Entwurf nicht mehr mit in die Planung einbezogen.<sup>6</sup>

Am 25.3.1945 sprengt die Deutsche Wehrmacht aus Angst vor den anrückenden Alliierten den Eisernen Steg.<sup>9</sup> Infolge der Zerstörung hängen auf der Frankfurter Seite das Randfeld und die Hälfte des Mittelfeldes in den Main, der Brückenüberbau auf Sachsenhäuser Seite bleibt bis zu Brückenmitte stehen.<sup>10</sup> Da die Wiederherstellung der Brücke als eine der wichtigsten Aufgaben der Nachkriegszeit angesehen wurde, begann bereits 1946 der Wiederaufbau durch die Firma J.S.Fries & Sohn, und am 2.11.1946 erfolgte die Wiedereröffnung.<sup>6</sup> Die Umsetzung erfolgte nach den alten Plänen und unter Verwendung der bisherigen Konstruktion.<sup>4</sup> Die Kosten beliefen sich auf 220.000 Reichsmark.<sup>2</sup>

Abb. 44: Wiki-Artikel über den Eisernen Steg, Oliver Vogt



### 3. Lehre - 3.6. Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus

#### Brückenkartierung

Auf der Seite Brückenkartierung finden Sie alle Standorte der im Wintersemester 2011 / 2012 und 2012 / 2013 bearbeiteten Straßenbrücken.

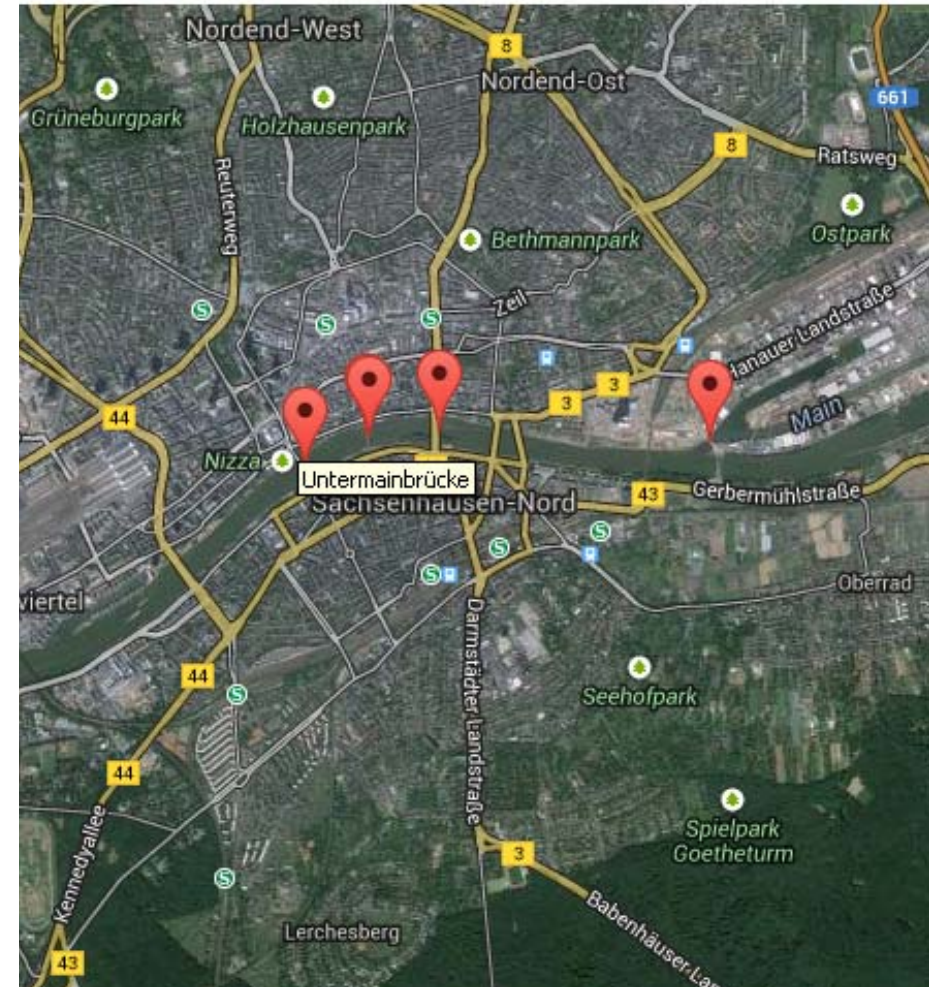


Abb. 45: Brückenkartierung im KGBauko-Wiki



Die Besonderheit des Pettit-Trägers sind die Zugdiagonalen und das kleinere Hilfssystem. Im Jahr 1849 ließ sich Kapitän Warren sein einteiliges Streben Fachwerk patentieren [5].

Hervorzuheben ist, dass ab dem Howe-Fachwerk verschiedene Materialien wie Holz, eiserne Zugstangen, guss- und schmiedeeiserne Formteile kombiniert wurden [16].

Mitte des 19. Jahrhunderts gelang Heinrich Gottfried Gerber eine herausragende Entdeckung. Der deutsche Bauingenieur entwickelte ein statisches System, welches die Vorteile eines Durchlaufträgers nutzte, ohne statisch unbestimmt zu sein. Mit der Entdeckung des Gerberträgers beeinflusste Heinrich Gottfried Gerber den Brückenbau maßgebend. So konnten die zuvor entwickelten Fachwerke optimiert eingesetzt werden, um größere Spannweiten zu realisieren.

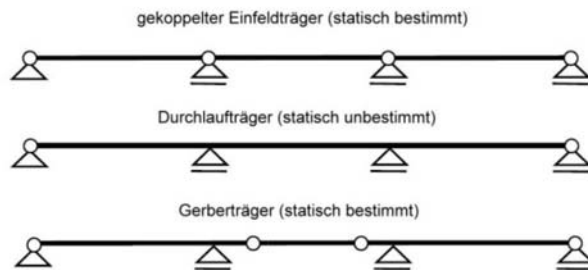


Bild 14: Entwicklung des statischen Systems Gerberträgers [22]



Bild 15: Erste Auslegerbrücke unter Berücksichtigung des der Gerberträgertheorie, Mainbrücke bei Haßfurt, fertiggestellt 1867, Spannweite 37,9 m [16]

Abb. 46: Auszug aus der Ausarbeitung zum Thema Fachwerkbrücken, Tino Richter

Ein solches weiterentwickeltes System ist der Pauli-Träger, der erstmals bei der Großhesseloher Brücke zum Einsatz kam. Des Weiteren konnte bei dieser Brücke auf den leistungsfähigeren Werkstoff Stahl zugegriffen werden.

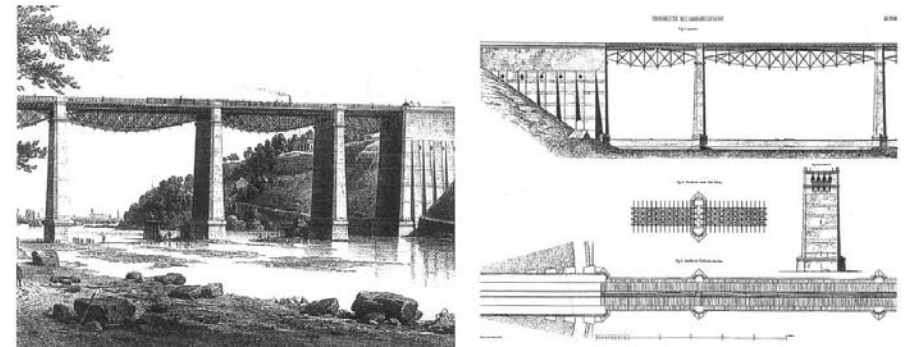


Bild 20: Großhesseloher Brücke erstmaliger Einsatz des Pauli-Trägers, Eröffnung 1857, Spannweite 55,4 m [16]

Einen zusätzlichen Schub in der Leistungsfähigkeit von Brückenkonstruktionen war die Entwicklung des Gerber-Trägers. Dieser setzte die verschiedenen Fachwerksysteme wirtschaftlich ein. Am beeindruckenden Beispiel der Forth Bridge wird dies besonders deutlich.

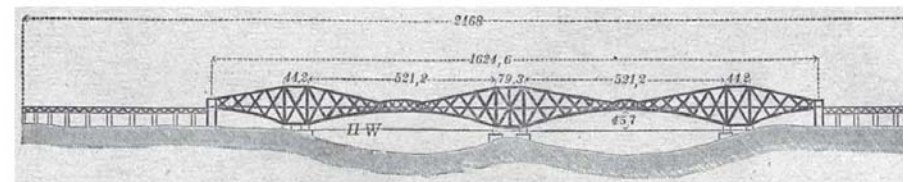


Bild 21: Systemskizze der Forth Bridge [20]

Abb. 47: Auszug aus der Ausarbeitung zum Thema Fachwerkbrücken, Tino Richter

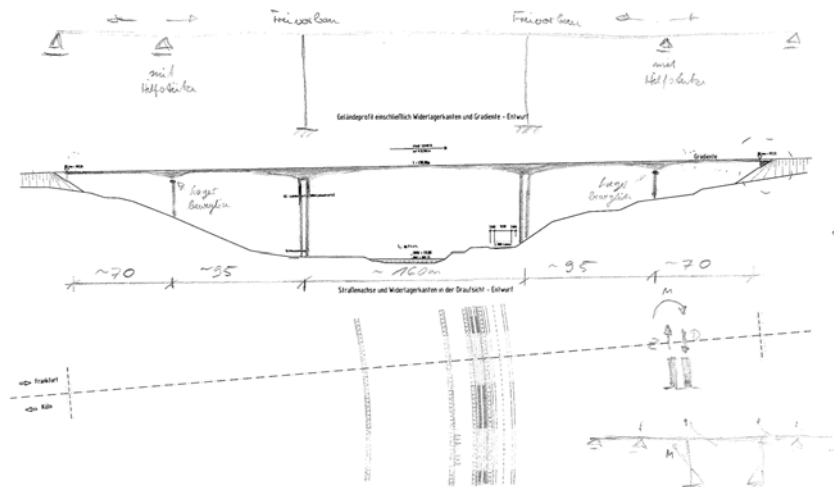


Abb. 48: Auszug aus dem Vorentwurf Lahntalbrücke Limburg, Tino Richter

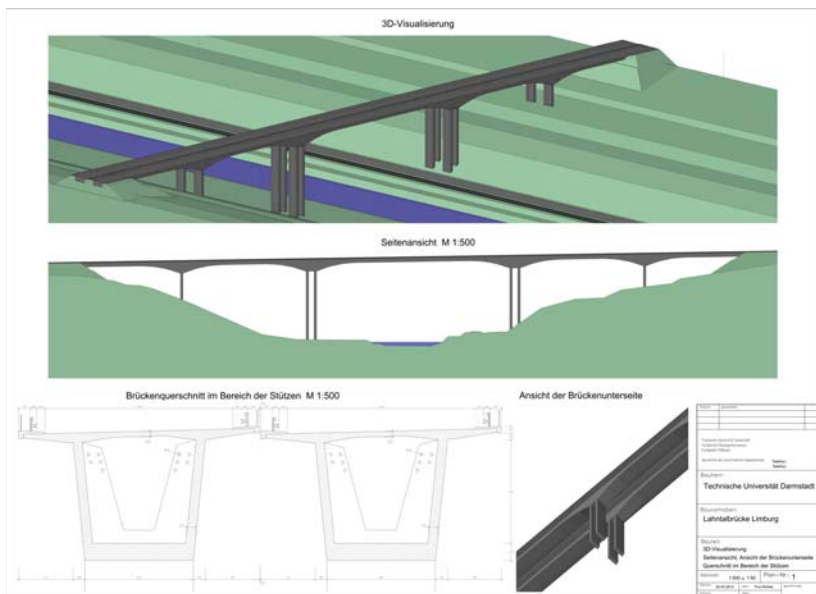


Abb. 49: Auszug aus dem Entwurf Lahntalbrücke Limburg, Tino Richter

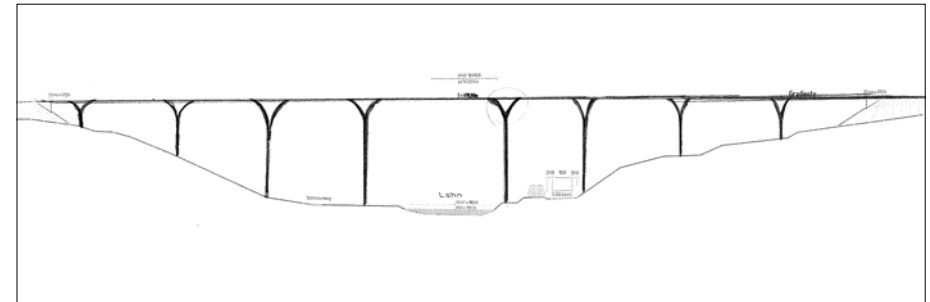


Abb. 50: Auszug aus dem Vorentwurf Lahntalbrücke Limburg, Zabi Naser

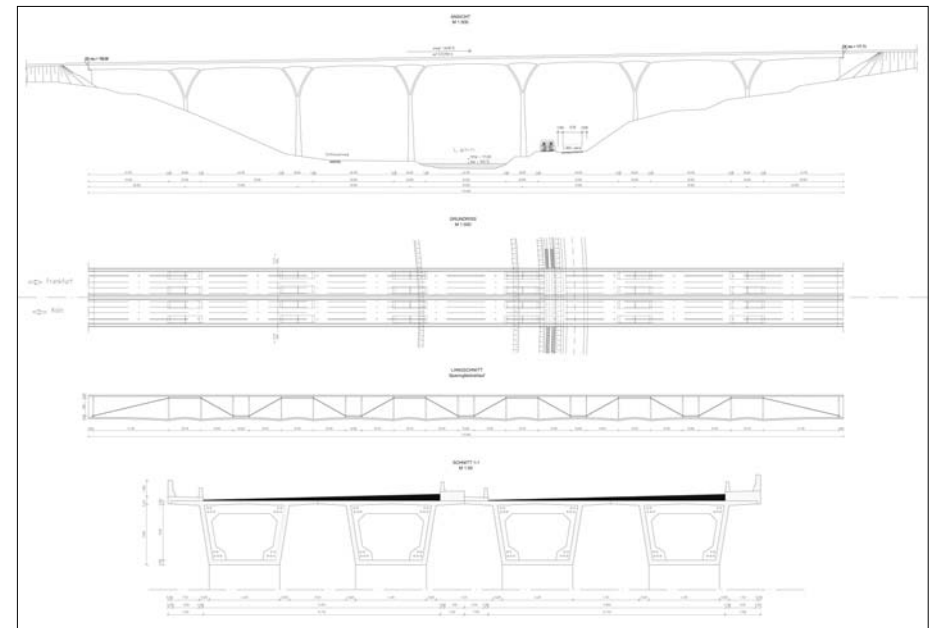


Abb. 51: Auszug aus dem Entwurf Lahntalbrücke Limburg, Zabi Naser



#### FREIHANDZEICHNEN

VORLESUNG FR 13:30 – 15:10 UHR L5 01/347  
BETREUUNG/KORREKTUR FR 15:20 – 17:00 UHR L5 01/347

Das Freihandzeichnen für Bauingenieure unterstützt die Kommunikation des Ingenieurs im Beruf mit Architekten, Ingenieuren und Bauherren und schult die dreidimensionale Vorstellungskraft.

In wöchentlichen Übungen wird Schritt für Schritt das Handwerkszeug für das freie Zeichnen mit dem Bleistift und anderen Zeichenmedien vermittelt. Die Übungen finden während des Semesters in den angegebenen Räumlichkeiten und bei geeigneter Witterung zum Teil auch im Freien statt.

#### ABLAUF

Fr. 19.04.2013	1. Einführungsveranstaltung
Fr. 26.04.2013	2. Vorlesung und Übung
Fr. 03.05.2013	3. Vorlesung und Übung
Fr. 10.05.2013	4. Übung
Fr. 17.05.2013	5. Vorlesung und Übung
Fr. 24.05.2013	6. Vorlesung und Übung
Fr. 31.05.2013	7. Übung
Fr. 07.06.2013	8. Vorlesung und Übung
Fr. 14.06.2013	9. Vorlesung und Übung
Fr. 21.06.2013	10. Vorlesung und Übung
Fr. 28.06.2013	11. Vorlesung und Übung
Fr. 05.07.2013	12. Vorlesung und Übung
Fr. 12.07.2013	13. Vorlesung und Übung

Folgende Themen werden behandelt:

Einfache geometrische Gegenstände  
I-Träger in verschiedenen Lagen  
Werkzeuge aller Art mit geringen Abmessungen  
Verbindungsmittel  
Möbiliar / Details aller Art  
Pflanzen  
Stilleben  
Gebäude, Bauwerke  
Ingenieurbauwerke  
Personen  
Aquarelle

# TUD

Konstruktives Gestalten  
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT  
STEFAN SCHÄFER



Ansprechpartner:  
Prof. Architekt Stefan Schäfer  
Dipl.-Ing. Scholeh Abedini  
Dipl.-Ing. (FH) Irene Root

Petersenstraße 12  
D-64287 Darmstadt  
tel: 06151 / 16-7032  
fax: 06151 / 16-7034

#### 3.7. Freihandzeichnen FHZ

Das Seminar Freihandzeichnen für Bauingenieure unterstützt die Kommunikation des Ingenieurs im Beruf mit Kollegen und Bauherren und schult die dreidimensionale Vorstellungskraft.

In wöchentlichen Übungen wird Schritt für Schritt das Handwerkszeug für das freie Zeichnen mit dem Bleistift, Faser- u. Kugelschreiber sowie Aquarell vermittelt.

Mit einfachen geometrischen Objekten (Würfel, Kugel...) und räumlichen Darstellungen wird der mediale Umgang mit der Thematik des Zeichnens geübt. Es werden die Grundlagen für komplexe geometrische Zusammenhänge, in denen Licht und Schatteneffekte eine Rolle spielen, vermittelt.

Des Weiteren ist es die Aufgabe, die reale Darstellung (Perspektive) und unterschiedlichen Oberflächen von Materialien, sowie den Blick für Details, die das Ganze prägen, zu schulen. Zur Erfahrung von natürlich gewachsenen Strukturen (Blätter, Bäume...) werden die verschiede-

nen Linienführungen unterrichtet. In Aquarellen (Gebäude, Natur) wird auch der Umgang mit Farbe geübt.

Folgende Themen werden in den Vorlesungen und in den praktischen Übungen behandelt:

1. Einfache geometrische Gegenstände
2. I-Träger in verschiedenen Lagen
3. Werkzeuge
4. Verbindungsmittel
5. Möbiliar
6. Details aller Art
7. Pflanzen, Vegetation
8. Stilleben
9. Gebäude, Bauwerke
10. Ingenieurbauwerke
11. Personen
12. Aquarelle

Das seminarbegleitende Skript für die Lehrveranstaltung Freihandzeichnen enthält wertvolle Tipps, Hinweise und weiterführende Informationen zu den Themen, die in den Vorlesungen und Übungen behandelt werden.

Abb. 52: Poster zur Lehrveranstaltung Freihandzeichnen SS 2013



Abb. 53: FHZ SS 13

3.7.1. Studentische Arbeiten SS 2013

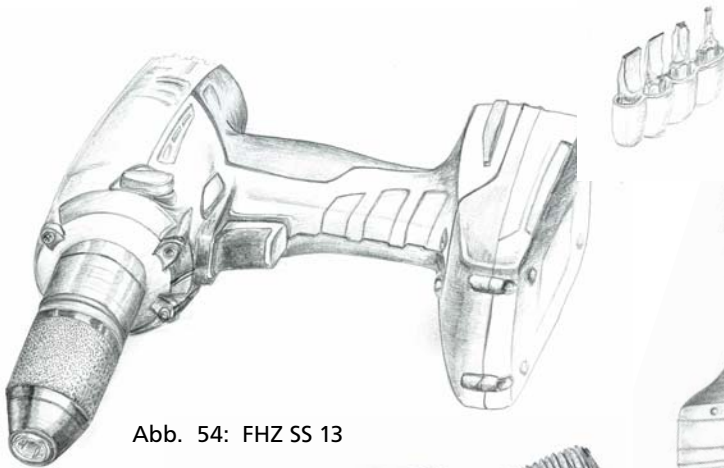


Abb. 54: FHZ SS 13



Abb. 55: FHZ SS 13

Abb. 56: FHZ SS 13

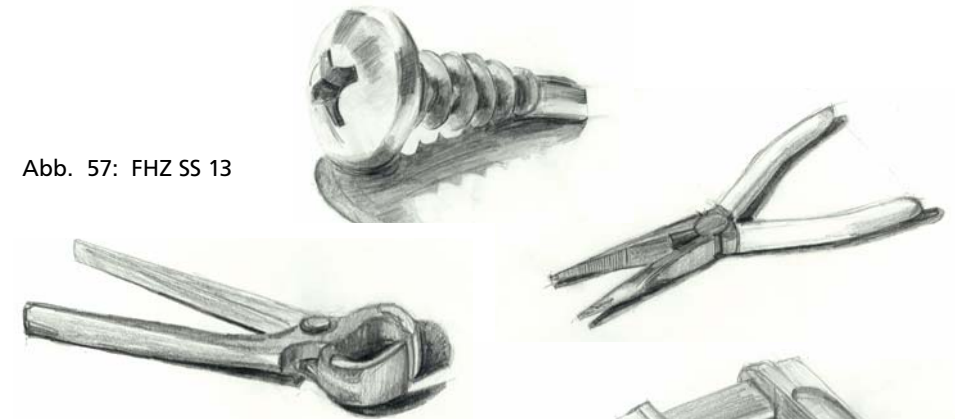


Abb. 57: FHZ SS 13

Abb. 58: FHZ SS 13

Abb. 60: (unten) FHZ SS 13

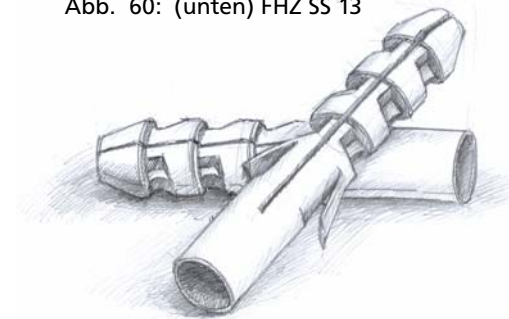


Abb. 61: (rechts) FHZ SS 13

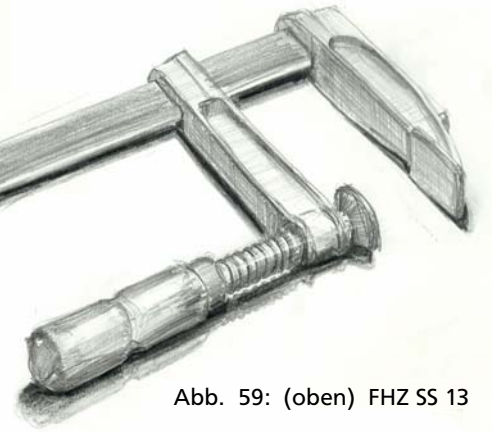


Abb. 59: (oben) FHZ SS 13

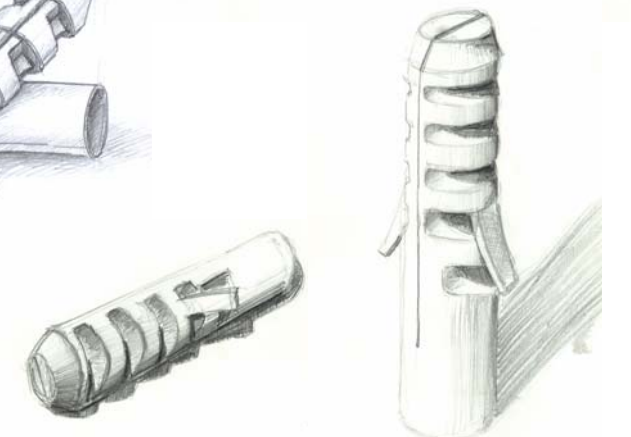






Abb. 62: FHZ SS 13



Abb. 63: FHZ SS 13



Abb. 64: (oben) FHZ SS 13

Abb. 65: (unten) FHZ SS 13

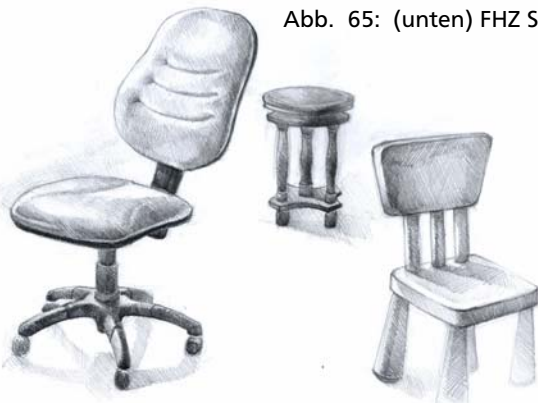


Abb. 66: FHZ SS 13



Abb. 67: FHZ SS 13

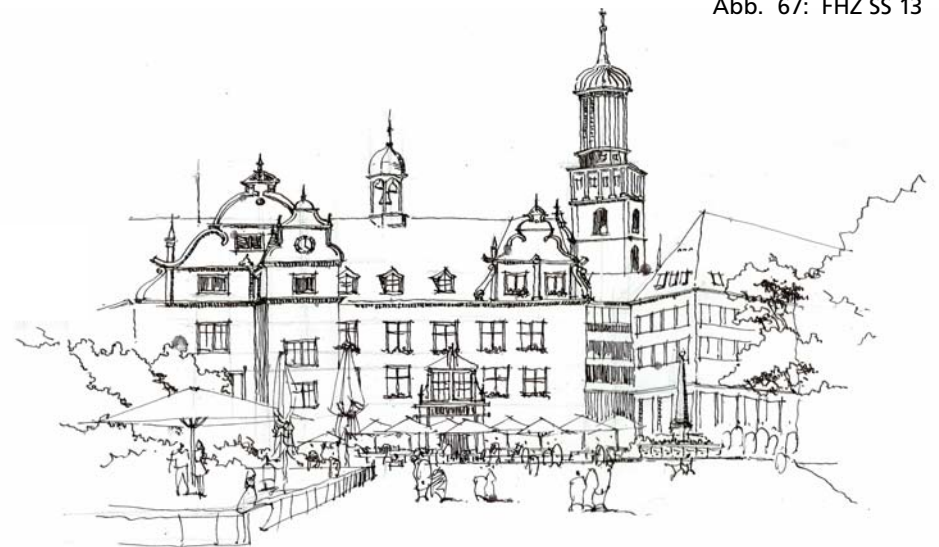


Abb. 68: FHZ SS 13



Abb. 70: FHZ SS 13



Abb. 69: FHZ SS 13



Abb. 71: FHZ SS 13



Abb. 72: FHZ SS 13

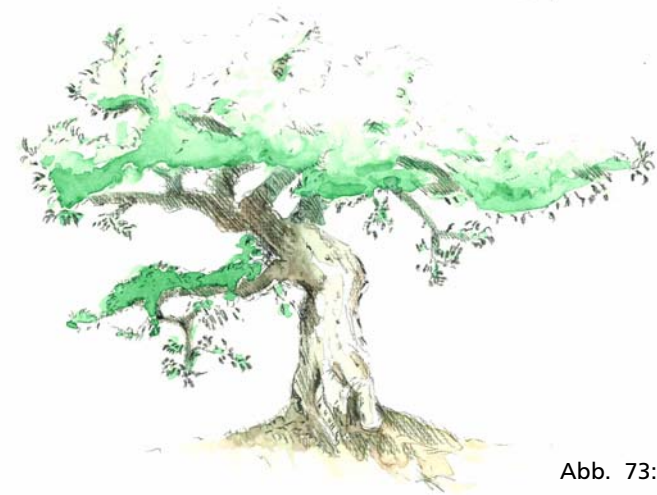


Abb. 73: FHZ SS 13



Abb. 74: FHZ SS 13

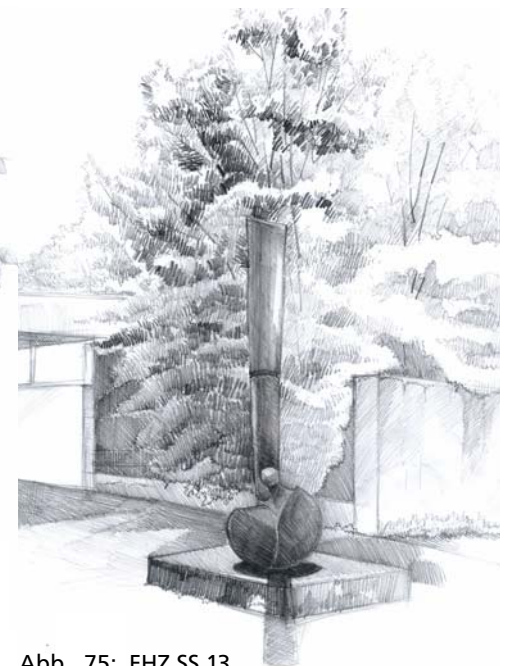


Abb. 75: FHZ SS 13





Abb. 76: FHZ SS 13



Abb. 77: FHZ SS 13



Abb. 78: FHZ SS 13



Abb. 79: FHZ SS 13

### 3. Lehre



#### 3.8. Interdisziplinäres Projekt Bauingenieurwesen IPBI

Das Projektseminar „Interdisziplinäres Projekt Bauingenieurwesen, (IPBI) bzw. „Interdisziplinäres Projekt Umweltingenieurwissenschaften“ (IPUI) ist ein Modul des ersten Fachsemesters in den Master of Science-Studiengängen.

Die Arbeitsgruppe PEK übernimmt für diese Lehrveranstaltung die Funktion einer zentralen Informations- und Anlaufstelle. Projektaufgaben sowie wichtige Veranstaltungen und Termine werden auf diesen Internetseiten im Bereich Lehre sowie durch Aushang bekannt gegeben.

Die Lehrveranstaltung Interdisziplinäres Projekt ist Bestandteil der Studiengänge:

- Master of Science – Bauingenieurwesen (IPBI) und
- Master of Science – Umweltingenieurwissenschaften (IPUI).

Beide Veranstaltungen werden organisatorisch zusammen angeboten. Inhaltlich orientieren sich die Projekte an den jeweiligen Studiengängen, so dass mindestens zwei verschiedene Projekte, eines für Bauingenieure und eines für Umweltingenieure, angeboten werden. Dieses Modul soll im ersten Fachsemester des jeweiligen Master-Studiums belegt werden.



---

### 3. Lehre



#### 3.9. Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens GPEK

---

Die Arbeitsgruppe Planen, Entwerfen und Konstruieren (AG PEK) organisiert die am Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie angebotenen Projektseminare „Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens I & II (GPEK I & GPEK II)“. Diese Lehrveranstaltungen des ersten und zweiten Fachsemesters sollen den Studierenden einen Einblick in das Berufsfeld von Bauingenieuren, Geodäten sowie Umweltingenieuren geben.

Diese Lehrveranstaltungen werden in Zusammenarbeit mit den Fachgebieten des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie durchgeführt und betreut. Im Wintersemester wird ein technisch/ verkehrlich/ soziokulturelles Infrastrukturvorhaben bearbeitet, während im Sommersemester

ein Hoch- oder Ingenieurbauwerk Grundlage der Projektaufgabe ist.

In GPEK bearbeiten die Studenten innerhalb von Projektgruppen eine an sie gestellte Projektaufgabe.

Eine Projektgruppe besteht aus verschiedenen Fachrollen, die am Anfang von jedem Semester von den Studenten gewählt werden kann. Jede Fachrolle bekommt in so genannten Facharbeitstreffen (FAT) den nötigen Fachlichen-Input, um dann gemeinsam in der Gruppe mit den anderen Fachrollen, die an sie gestellte Aufgabenstellung zu bearbeiten.

---

## 4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel

---

---

## 4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel

---



### 4.1. Sonderforschungsbereich SFB 666

---

Durch die Arbeiten des Sonderforschungsbereich 666 „Integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung – Entwicklung, Fertigung, Bewertung“ entstehen Methoden und Verfahren, mit denen verzweigte Strukturen aus Blech mit für den jeweiligen Anwendungsfall optimierten Eigenschaften integral hergestellt werden können. Diese Zielsetzung schließt Fragestellungen der Produktentwicklung, der Fertigungstechnologien und der Bauteilbewertung ein. Daher haben sich Wissenschaftler der TU Darmstadt aus den Disziplinen Produktentwicklung, Mathematik, Materialwissenschaften, Produktionstechnik, Betriebsfestigkeit und Bauingenieurwesen zu diesem interdisziplinären Forschungsverbund zusammenschlossen.

Die erste und zweite Phase der Forschungsarbeiten konnte bereits mit innovativen Ergebnissen und faszinierenden Entwicklungen rund um die neuen Blechbauweisen sehr erfolgreich abgeschlossen werden.

In der nun laufenden dritten Phase werden die Forschungsaktivitäten weiter intensiviert und das Spektrum der wissenschaftlich untersuchten Themen und Fragestellungen sukzessive erweitert [6].

#### 4.1.1. Ganzheitliche Entwicklung innovativer Produkte aus Blech

Scholeh Abedini, Stefan Schäfer

Bei der Entwicklung neuer Produkte im Bauwesen gewinnt eine ganzheitliche Betrachtung immer mehr an Bedeutung. Vor allem der Aspekt der Nachhaltigkeit spielt dabei eine bedeutende Rolle. Dies gründet zum einen auf der Einsicht, dass unsere Ressourcen endlich sind und zum anderen steigt unser tägliches Abfallaufkommen stetig. Bei der Maßgabe der nachhaltigen Architektur wird in Deutschland allerdings primär ein effizienter Standard des Betriebsenergieverbrauchs von Gebäuden festgelegt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf einer Reduktion des Energiebedarfs im Gebrauch, im Wesentlichen sichergestellt durch eine hochgradige Wärmedämmung.

Bei einer ganzheitlichen Betrachtung hingegen spielt der gesamte Produktlebenslauf eine Rolle. Dieser besteht aus drei Hauptphasen. Die erste Phase umfasst die Rohstoffgewinnung, die Weiterverarbeitung und den Transport.



Abb. 80: 1. Phase im Produktlebenslauf

Die zweite Phase ist, wie bereits oben beschrieben, in der aktuellen gesellschaftlichen Wahrnehmung zugleich die bedeutendste und beinhaltet die Montage, den Gebrauch und die Wartung eines Produktes.



Abb. 81: 2. Phase im Produktlebenslauf

In der dritten Phase spielen die Aspekte der Demontage und des Rückbaus sowie des Recyclings eine wichtige Rolle.



Abb. 82: 3. Phase im Produktlebenslauf

Bei der Entwicklung neuer Produkte für das Bauwesen ist diese ganzheitliche Betrachtungsweise von sehr großer Bedeutung. Neue kontinuierliche und integrale Fertigungsverfahren wie beispielsweise die „Spaltprofilier-“ und „Spaltbiegeverfahren“ des Sonderforschungsbereichs (SFB) 666 können einen erheblichen Betrag zur Entwicklung ganzheitlich betrachteter, innovativer Produkte leisten. Das lineare Spaltprofilierverfahren ist ein Kaltumformungsprozess zur Massenfertigung verzweigter Profile. Mit dem Spaltbiegeverfahren ist es möglich integrale Aussteifungsrippen aus der Blechebene zu formen und dabei eine saubere Sichtseite zu behalten [7][8].

Als ein Nebenprodukt entsteht bei dem Spaltvorgang eine lokale Verfestigung des Materials im Spaltgrund (Abb. 85) [9][10]. Das sogenannte ultrafeine (engl. UFG) Gefüge, welches die Festigkeit des Materials deutlich erhöht. Weitere Untersuchungen zum flexiblen Spaltprofilier- und Spaltbiegeverfahren werden in der aktuellen dritten Förderperiode des SFB 666 erforscht.

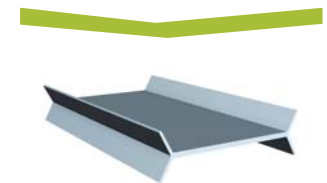
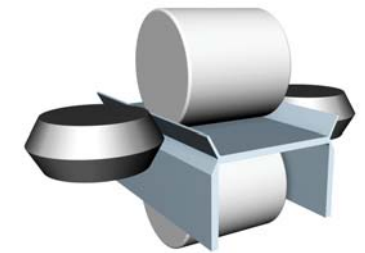


Abb. 83: Spaltprofilieren

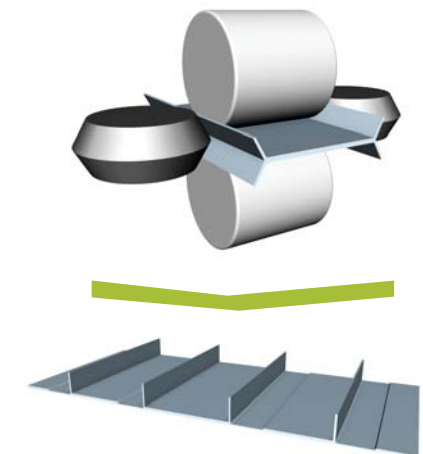


Abb. 84: Spaltbiegen

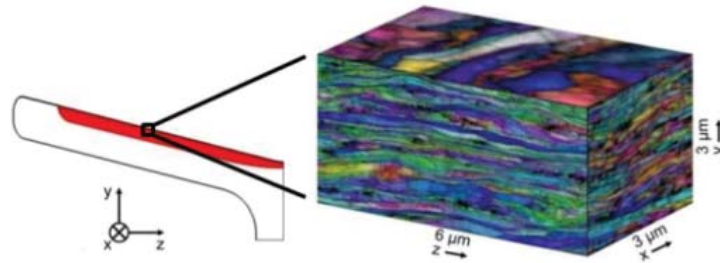


Abb. 85: UFG-Gefüge Gradientengefügen bei spaltprofilieren und spaltgebogenen Stegen

Das Spaltprofilier- und Spaltbiegeverfahren ist ein kontinuierlicher und integraler Blechbearbeitungsprozess. Bei der Nutzung dieser SFB Technologie kann auf die charakteristische Materialeigenschaft von Metall zurückgegriffen werden.

Metall eignet sich hervorragend als lastabtragende und sehr tragfähige Promärkonstruktion eines Gebäudes. Bei der Verarbeitung von flächigen Bauteilen können diese ebenfalls die ästhetische und abdichtende Gebäudehaut des Gebäudes bilden. Auch eine Integration von diversen technischen Funktionen in das Bauteil ist denkbar. Dazu zählen beispielsweise die Integration von Sensorik, Automation oder Photovoltaik in das Bauteil, wie sie auf der Abb. 86 dargestellt ist.

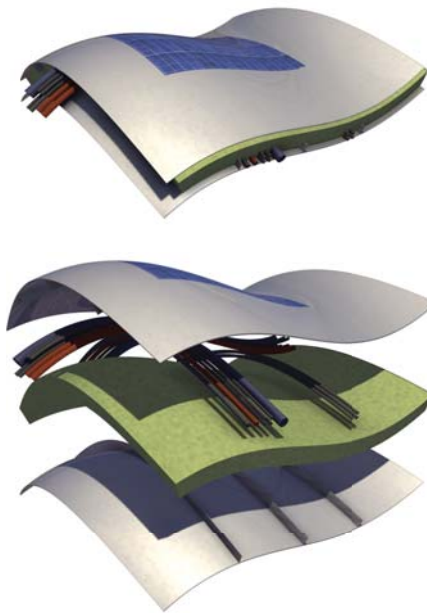


Abb. 86: Multifunktionales Bauteil (oben) und seine Explosionsdarstellung (unten)

Mit diesen neuen Fertigungsverfahren ist es möglich, die notwendigen Fächer und Funktionen integral und kontinuierlich am laufenden Band aus einem Material zu formen. In Abb. 87 ist ein integral aus dem Bauteil geformte Steckverbindungsverbindungen mit einem zusätzlichen Koppellement zu sehen.



Diese Eigenschaften tragen sowohl bei der Montage als auch bei der Wartung der Bauteile zu einer deutlichen Reduzierung des Arbeits- und Materialaufwands bei. Ebenfalls von sehr großer Bedeutung ist die Möglichkeit, einen geordneten und teilweise auch schnelleren Rückbau vorzunehmen und somit die Recyclingfähigkeit der Bauteile zu verbessern.



Abb. 88 zeigt ein exemplarisches Anwendungsbeispiel, das mittels der neuen SFB Technologie integral und kontinuierlich hergestellt werden könnte. Dieses und viele weitere Anwendungsbeispiele erweitern das bestehende Produktspektrum. Darüber hinaus sind sie in der Lage, die steigenden Anforderungen an Gebäudehüllen, wie sie beispielsweise durch die Integration von Photovoltaik oder andere technische Funktionen an eine Fassade gestellt werden, zu erfüllen.



Abb. 87: Fotos einer gefertigten Modulverbindung



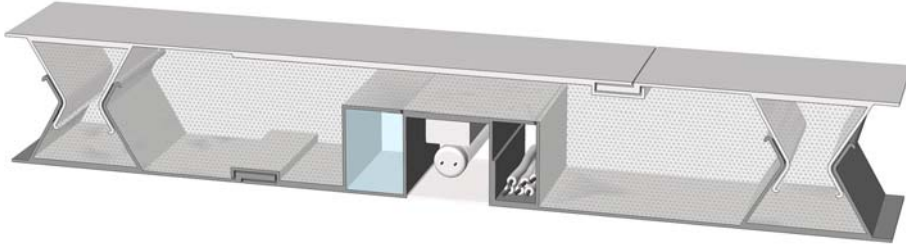


Abb. 88: Multifunktionales Bauteil mittels der SFB Technologie



Abb. 89: Aktuelle Anwendung von Blech in Architektur: Walt Disney Concert Hall

#### 4.1.2. Ästhetische Formgestalten in der Architektur

Adrian Zimmermann,  
Scholeh Abedini, Stefan Schäfer

Der Sonderforschungsbereich *Integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung – Entwicklung, Fertigung, Bewertung* (SFB 666) entwickelt innovative Technologien zur Blechbearbeitung. Dabei bezieht das Teilprojekt *Systematische Generierung von Flächentragwerken unter Einsatz des Informationsmodells* (D2) architekturrelevante Produkte ein, die unter anderem eine Betrachtung ästhetischer Aspekte erfordern. Aus diesem Anlass initiierte und bearbeitete KGBauko eine Studie zur Festlegung ästhetischer Zielsetzungen und daraus abgeleiteter geometrischer Restriktionen. Formale Meilensteine bildeten eine zwischenzeitliche Präsentation und Publikation auf der *1st Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering* (ACE 2013) des *Global Science and Technology Forum* (GSTF) in Singapur [12] und eine abschließende Buchveröffentlichung im *Meisenbach Verlag* [12].

Eine geeignete Definitionsgrundlage für Ästhetik liefert die *Theorie des*

*Schönen*, die eine Bewertung bezüglich Schönheit beinhaltet. Unter *Schönheit* kann eine Sinnesverbindung zwischen einem Menschen und einem Objekt verstanden werden, die im Menschen den Wunsch nach einer wiederholten *Wahrnehmung* des Objekts hervorruft [15]. *Wahrnehmung* wiederum ist aus psychologischer Sicht ein Prozess mit den Schritten Aufnahme, Auswahl, Verarbeitung und Interpretation. Da insbesondere Verarbeitung und Interpretation subjektiv variieren, ist die Existenz einer universellen Ästhetik a priori auszuschließen.

Historische Methoden zur Formfindung, deren Ursprünge im Dunkeln liegen, basieren auf mathematischen Überlegungen, Messungen am menschlichen Körper und der Beurteilung von Klangintervallen. Methoden des Industrie- und Informationszeitalters umfassen im weitesten Sinne die *Experimentelle Ästhetik*, *Evolutionäre Ästhetik*, *Gestaltpsychologie* und *Informationsästhetik*. Als für den vorliegenden Zweck brauchbar erweisen sich insbesondere die *Experimentelle Ästhetik*, *Gestaltpsychologie* und *Informationsästhetik*.

Nach der Festlegung definitorischer und methodischer Grundlagen galt es eine Struktur zu entwickeln, die es erlaubte, den terminologisch unscharfen Ästhetik-Begriff sukzessive in quantitativ fassbare Restriktionen zu überführen. Diese Struktur geht von einer Kategorisierung *relativierender Einflüsse* auf die ästhetische Wahrnehmung aus und leitet daraus diverse *Gestaltungskonzepte* ab.

Eines dieser *Gestaltungskonzepte* wird ausgewählt und in *Gestaltungsprinzipien* aufgeschlüsselt, die wiederum eine Herleitung ästhetisch konzipierter *Formgestalten* ermöglichen. *Formgestalten* führen unter Berücksichtigung diverser entwerfstechnischer Rahmenbedingungen zu den gesuchten geometrischen *Restriktionen*.

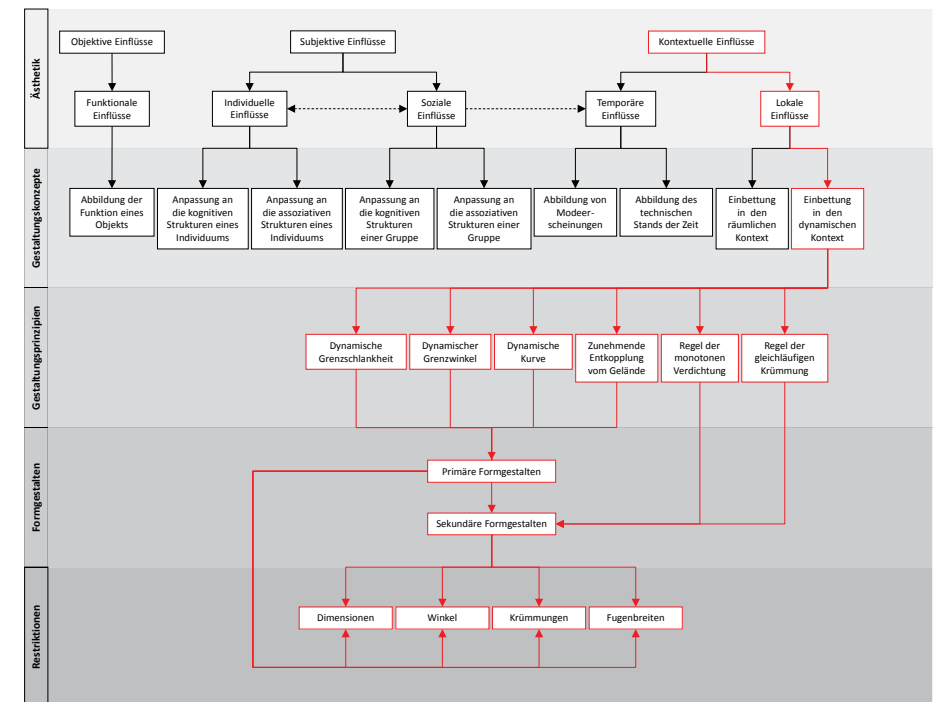


Abb. 90: Struktur der Studie

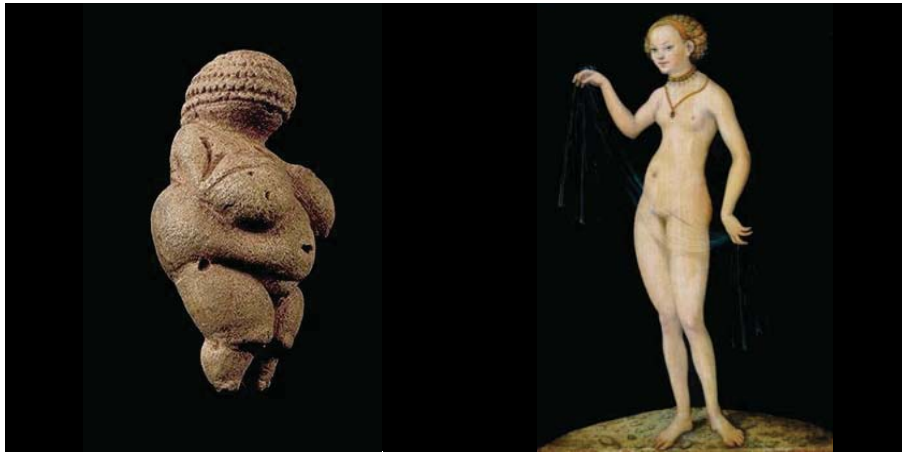


Abb. 91: Venus von Willendorf

Abb. 92: Venus von Cranach

*Relativierende Einflüsse* auf die ästhetische Wahrnehmung lassen sich unterteilen in *objektive*, *subjektive* und *kontextuelle Einflüsse*. *Objektive Einflüsse* bezeichnen Einflüsse, die sich aus Gestaltmerkmalen am Wahrnehmungsgegenstand ergeben. In diesem Sinne bilden sie die Funktion eines Objekts auf dessen Gestalt ab, gründen sich also auf funktionale Einflüsse. *Subjektive Einflüsse* hängen von den kognitiven Bewertungsstrategien und assoziativen Empfindungsgrundlagen eines Subjekts ab. Bei Letzterem handelt es sich entweder um ein Individuum oder um eine soziale Gruppe. *Kontextuelle Einflüsse* beschreiben die Einflussnahme von Wechselwirkungen

zwischen einem Objekt und seinem Umfeld. Dieses kann wiederum unterschieden werden in einen lokalen und einen temporären Kontext.

*Gestaltungskonzepte* ergeben sich unmittelbar aus den *relativierenden Einflüssen*. *Objektbezogene Einflüsse* führen zu einem Gestaltungskonzept, das die Form eines Objekts an seine Funktion anlehnt. In der Architektur kann darunter beispielsweise die Darstellung des Wirkungsmechanismus eines Tragwerks oder die Abbildung der inneren Funktion eines Gebäudes auf dessen Hülle verstanden werden. Aus *Subjektbezogene Einflüsse* ergeben Gestaltungskonzepte, welche die Anpassung eines

Objekts an die kognitiv oder assoziativ basierten Wünsche eines Individuums oder einer sozialen Gruppe erzielen. *Kontextbezogene Einflüsse* liefern die Gestaltungskonzepte der Einbettung in den räumlichen oder dynamischen Kontext sowie der Anpassung an Modeerscheinungen oder den technischen Stand der Zeit.

In einer Diskussion konnten die neun potentiellen *Gestaltungskonzepte* auf die *Einbettung in den räumlichen* und die *Einbettung in den dynamischen Kontext* reduziert werden. Die *Einbettung in den räumlichen Kontext* bezeichnet eine Formgestaltung, die auf geometrischen Strukturen im nahegelegenen Objektmfeld

basiert und die räumliche Gesamterscheinung harmonisch erweitert. Beispiele hierzu sind das *Krematorium in Kakamigahara* von Toyo Ito & Associates und das aus einer Zusammenarbeit zwischen dem Künstler Rei Naito und dem Architekten Ryue Nishizawa hervorgegangene *teshima art museum* (Abb. 93).

Dagegen beschreibt die *Einbettung in den dynamischen Kontext* eine Formgestaltung auf Grundlage der Ausrichtung an ein Objekt angrenzender Verkehrsströme. Dabei erzielt sie eine Harmonisierung der dynamischen Gesamterscheinung oder eine Lenkung der Verkehrsströme. In diesem Rahmen entworfene Bauwer-



Abb. 93: teshima art museum (Rei Naito &amp; Office of Ryue Nishizawa, 2011)

ke sind die *Firmenzentrale von Kaffee Partner* in Osnabrück vom Architekturbüro 3DLUXE (Abb. 94) und das *Museum of Liverpool* von 3XN (Abb. 95).

Wegen seiner aktuellen Relevanz wird zunächst das Gestaltungskonzept der Einbettung in den dynamischen Kontext näher betrachtet.

*Gestaltungsprinzipien* sind universelle Gestaltmerkmale, unter deren Berücksichtigung *Formgestalten* generiert werden können, die ein bestimmtes *Gestaltungskonzept* unmittelbar bedienen. Um die dynamische Wirkung einer Formgestalt zu opti-

mieren, sind Widerstände entgegen der dynamischen Wirkungsrichtung zu minimieren. Hierzu zählen einerseits aerodynamische Widerstände und andererseits die wahrgenommene Verbindung eines Objekts mit dem Baugrund. Auf diese Weise werden die *Gestaltungsprinzipien* der *dynamischen Grenzschlankheit*, *Grenzwinkel* und *Texturen* einschließlich der *Regeln der gleichläufigen Krümmung* und *monotonen Verdichtung* hergeleitet. Zur Maximierung der Tiefenwirkung dient die *dynamische Kurve*, die von einem wahrnehmungspsychologischen Ansatz ausgehend hergeleitet wird.



Abb. 94: Firmenzentrale von Kaffee Partner in Osnabrück (3DLUXE, 2012)



Abb. 95: Museum of Liverpool (3XN, 2011)

Als *Formgestalt* ist die Gesamtheit visuell wahrnehmbarer Merkmale einer räumlichen Figur aufzufassen. Die *primäre Formgestalt* bezieht sich auf die Dimension und Ausformung der Hüllfläche. Somit umfasst sie die konturenbestimmenden Gestaltungsmerkmale. Die *sekundäre Formgestalt* dagegen bezeichnet eine über die konturenbestimmenden Gestaltungsmerkmale hinausgehende Ausgestaltung und entspricht vorliegend dem Fugenbild zwischen den Blechen. *Primäre* und *sekundäre Formgestalten* werden auf Grundlage der zuvor aufgestellten *Gestaltungsprinzipien* hergeleitet.

Die Funktionen zur Beschreibung der *Formgestalten* enthalten Variablen, die eine Geometrie Anpassung an bauliche Randbedingungen ermöglichen. Zur Bestimmung quantitativer *Restriktionen* werden diese Variablen mit praxisrelevanten Eingangswerten belegt. Bei den untersuchten Grenzwerten handelt es sich um erforderliche Bauteillängen und -breiten in Abhängigkeit der Gebäudelänge und der Anzahl der Texturabschnitte, um minimale und maximale Blechinnenwinkel, um minimale Krümmungsradien und um minimale und maximale Fugenbreiten.



Bereits Vitruv stellt fest, dass an die Architektur Anforderungen bezüglich *Firmitas* (Festigkeit), *Utilitas* (Nützlichkeit) und *Venustas* (Schönheit) ergeben [15]. Deshalb ist die ästhetische Herleitung von *Formgestalten*, lediglich als die Beleuchtung einer einzigen Seite eines facettenreichen Körpers zu verstehen. Sie sollen dem Gestalter als hilfreiches Werkzeug dienen und sind keineswegs als präskriptive Formvorlagen aufzufassen.

Die vorgestellten *Gestaltungskonzepte* der *Einbettung in den räumlichen Kontext* und der *Einbettung in den dynamischen Kontext* erzielen eine harmonische Erweiterung des Kontexts durch ein Objekt. Dabei ist noch unberücksichtigt, dass Formen, die sich ihrem Umfeld entziehen oder ihm entgegenwirken, eine visuelle Spannung erzeugen, die ebenfalls ästhetisch sinnvoll sein können.

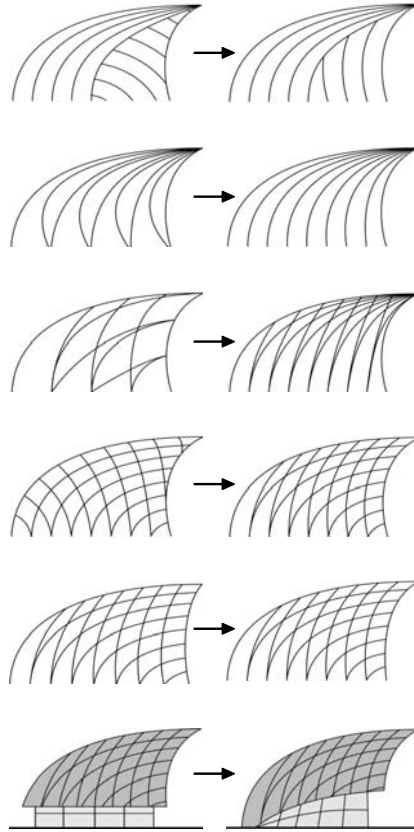


Abb. 96: Dynamisierung der Textur

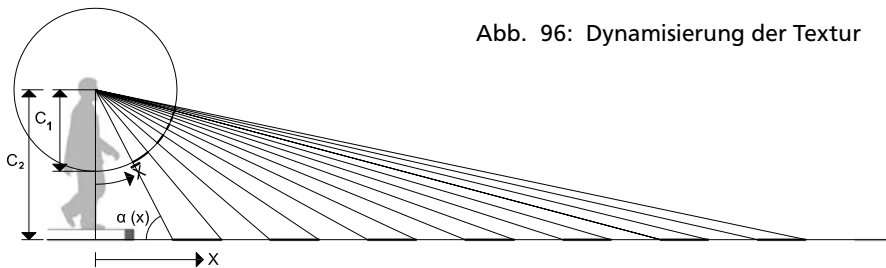


Abb. 97: Herleitung der dynamischen Kurve

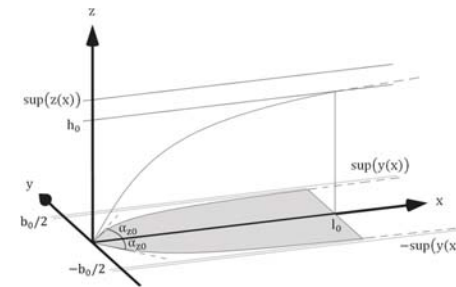
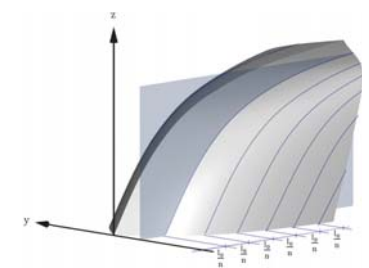
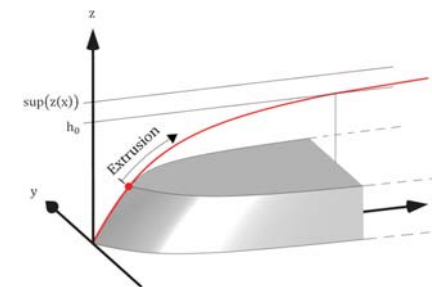
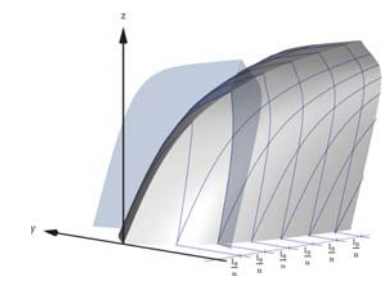
Schritt 1:  
Horizontale FormgebungSchritt 3:  
LängstexturierungSchritt 2:  
Vertikale FormgebungSchritt 4:  
Quertexturierung

Abb. 98: Sukzessive Herleitung primärer und sekundärer Formgestalten

Zukünftig könnte eine Bewertung der *Gestaltungsprinzipien* und somit auch der *Formgestalten* sowie der *Restriktionen* erfolgen. Zu diesem Zweck wäre eine empirische Erhebung der ästhetischen Wirkung diverser Referenzfiguren zielführend.

Außerdem sollte die Kombinierbarkeit mehrerer *Gestaltungsprinzipien* untersucht werden. Dazu eignete sich insbesondere eine Probandenbefragung zu den entworfenen *Formgestalten* anhand geeigneter räumlicher Plotmodelle.

---

#### 4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel



##### 4.2. Parametrische Prozesse

---

Durch neue Anwendungen in CAD und CAM wird die Erzeugung und Herstellung komplexerer Formen und Volumina möglich. Noch vor einigen Jahren waren die Möglichkeiten eines Architekten – vorausgesetzt er arbeitete mit einem CAD-Programm – auf die gegebenen Grenzen der Software beschränkt. Die heute aktuellen Softwares heben diese Einschränkungen zunehmend auf. Neue CAD-Anwendungen, wie zum Beispiel „Rhinceros“ und das zugehörige Plug-In „Grashopper“, ermöglichen digital entworfene, komplexe und freie geometrische Formen. Decken die vorprogrammierten Tools die Bedürfnisse nicht ab, gibt es die Möglichkeit, sich die benötigten Tools zu „skripten“.

Die Realisierung zukunftsweisender Entwürfe wird durch neue Fertigungsverfahren wie z.B. CAM unterstützt. Aber auch in diesem Bereich stößt man noch an Machbarkeitsgrenzen. Ein Problem besteht darin, dass die formgebende Gebäudehülle nur durch eine sehr aufwändige und kostspielige Unterkonstruktion realisiert werden kann. Die Gebäudehülle an sich wird ausschließlich auf die ästhetischen Eigenschaften beschränkt und enthält wenig konstruktive oder bauphysikalische Eigenschaften. Gegenwärtige Architekturtendenzen und das damit einhergehende Materialverständnis erfordert häufig die Verwendung von Stahl. Die dem Material innewohnenden guten Tragereigenschaften werden aber häufig nicht vollends ausgeschöpft.

---

##### 4.2.1. Möglichkeiten und Grenzen Parametrischer Entwurfsmethoden

---

Jakob Reising, Stefan Schäfer

Parametrische Entwurfsmethoden werden unter Architekten häufig kontrovers diskutiert. Einerseits entstehen spektakuläre neue Formen, die früher in dieser Form undenkbar waren, andererseits geraten diese Formen schnell zum Selbstzweck und die Planer müssen sich die Frage gefallen lassen, ob sie tatsächlich bessere Bauwerke generieren.

Grundsätzlich werden parametrische

Tools in unterschiedlichen Entwurfsphasen und daher mit unterschiedlichen Zielen eingesetzt. Die drei Haupteinsatzbereiche befinden sich in der Frühphase des Entwurfs (zur Formfindung), in der Ausführungsplanung (um Bau- und Planungsprozesse von komplexen Bauten erst zu ermöglichen) und in der Detailoptimierung bereits entworfener Formen.

Ein Beispiel für eine parametrische Formfindung ist der Serpentine Gal-



Abb. 99: Serpentine Gallery Pavilion 2002 von Toyo Ito

lery Pavilion von 2002. Der Architekt Toyo Ito spielt hier mit geometrischen Algorithmen. Als einfache Grundform wählte er einen Quader mit quadratischer Grundfläche. Erste Skizzen zeigen zufällig anmutende Schnitte durch den Quader, die im Fassadenbereich Stützen und im Dachbereich Träger bilden. Nach dieser Grundidee wurde ein Algorithmus entwickelt, der den Quader nach festen Regeln einschneidet und trotzdem ein zufälliges und lockeres Gesamtbild generiert [15]. Ein Beispiel für eine parametrische Ausführungsplanung sind die korbartigen freistehenden Einbauten des Flagship Store von Hermès (Paris, 2011)

von RDAI Architekten in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Bollinger + Grohmann. Um die doppelt gekrümmten Körbe herzustellen, mussten die einzelnen Latten individuell gekrümmt und zugeschnitten werden. Zusätzlich mussten sich die Radien nach den Möglichkeiten des Werkstoffs Holz richten und die Gesamtform dahingehend abgeglichen werden [16].

Die Entwicklung eines komplexen Raumfachwerks für das Department of Islamic Arts im Louvre (Paris 2012) benötigte mehrere Schritte. Nach der Formfindung wurde zunächst eine statische Analyse durch-



Abb. 100: Flagship Store von Hermès (Paris, 2011) von RDAI Architekten



geführt und das tragende Raumbauwerk vordimensioniert. Nach einer weiteren Analyse wurde das Tragwerk zunächst im Groben manuell optimiert und später mit Hilfe eines iterativen Algorithmus im Detail weiter verfeinert [17][18].

Die in den gezeigten Projekten verwendeten Algorithmen zur Formfindung und Optimierung sind sehr aufwändig und lohnen sich erst, wenn hohe Anforderungen an Entwurf und Planung gestellt werden. Diese können beispielsweise niedrige Bauteiltoleranzen und ein damit einhergehender hoher Vorfertigungsgrad sein. Projekte dieser Komplexität sind al-

lerdings ohne digitale Tools und die entsprechend geeignete Übertragung auf die Fertigungsstrategien schwer realisierbar.

Aber nicht alle Fragestellungen beim Entwerfen lassen sich effizient auf repetitive oder rekursive Algorithmen reduzieren. Zwar lassen sich auch komplexe Grundrisslayouts parametrisch erzeugen wie die Beispiel Projekte von „Kaisersrot“ zeigen (Abb. 102) [19].

Ob die automatisch generierten Grundrisse mit jenen von einem Architekt konzipierten tatsächlich konkurrieren können, bleibt zweifelhaft.

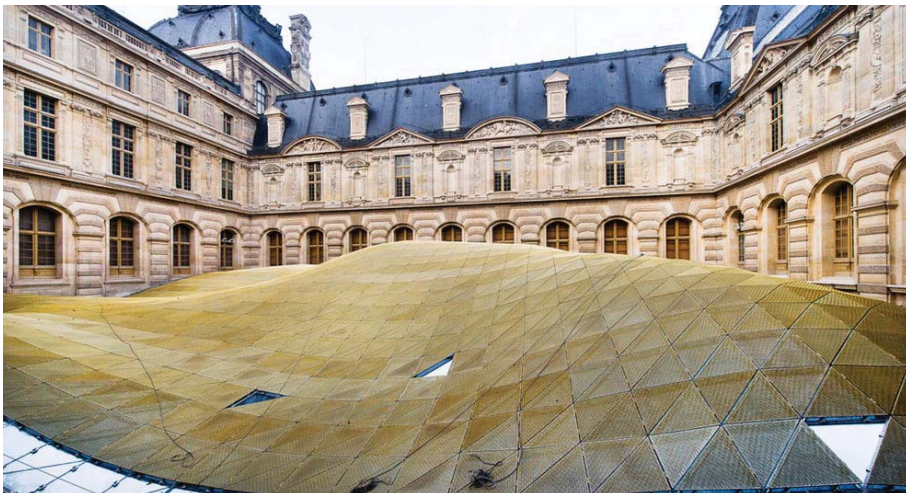


Abb. 101: Department of Islamic Arts im Louvre (Paris 2012)



Abb. 102: Vollautomatisch parametrisch generierter Grundriss

Vor allem der Kontrollverlust über Details der Raumaufteilung wird von vielen Architekten als Nachteil empfunden. Die damit einhergehende Abhängigkeit von Computern ist nicht nur eine technische, sondern auch eine gestalterische Fragestellung, mit der sich die Planer befassen müssen und konzeptionelle oder künstlerische Aspekte nicht aus den Augen verlieren dürfen.

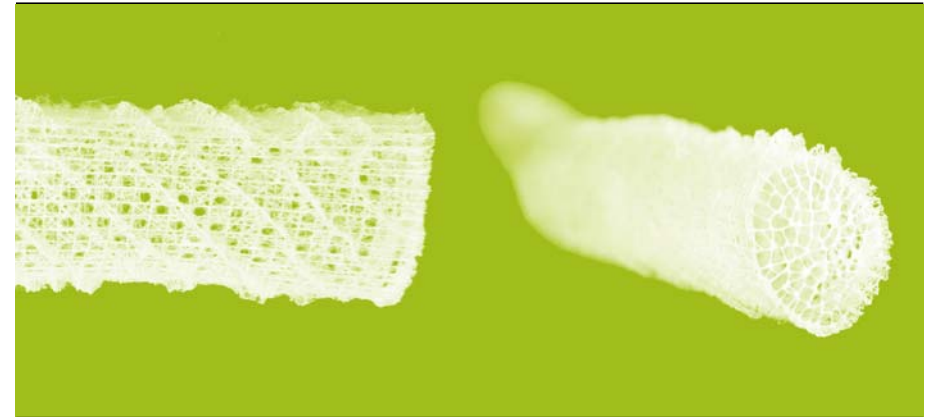
Andererseits gibt es Themenfelder im Bereich des Entwerfens, die sehr gut in Algorithmen umgesetzt werden können. Immer dann, wenn eine klar definierte Aufgabe häufig und exakt wiederholt werden muss, sind Computer ein exzellentes Hilfsmittel. So können komplexe Planungs- und Entwurfsprozesse vereinfacht oder überhaupt erst ermöglicht

werden. Dies bietet auch die Möglichkeit, in kürzester Zeit viele Entwurfsvarianten zu generieren und zu vergleichen.

Daher sind parametrische Tools insbesondere bei der Entwicklung komplexer Tragsysteme aus vielen unterschiedlichen Elementen schon heute ein weitverbreitetes, sehr nützliches Werkzeug. In diesem speziellen Bereich gibt es vielfältige Einsatzmöglichkeiten, die heute meistens nur in einzelnen Teilbereichen genutzt werden. Durch konsequente Kombination und Weiterentwicklung werden in Zukunft schon in frühen Entwurfsphasen Tragkonstruktionen sehr detailliert geplant und vordimensioniert werden. Durch neu entwickelte Tools werden sich unterschiedliche Tragkonstruktionen für die gleiche Bauaufgabe mit wesentlich weniger Arbeitsaufwand und dennoch vielen unterschiedlichen Varianten durchplanen lassen und so durch Vergleichen und Abwägen bessere Lösungen ermöglichen.



#### 4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel



#### 4.3. Bionik im Bauwesen

Bionik ist eine Wortkreation aus Biologie und Technik. Die interdisziplinäre Wissenschaft macht sich die im Zuge der Evolution über Jahrtausende optimierten Konstrukte der Natur, wie Insektenflügel, Blattstrukturen, Oberflächen u.v.a.m. zunutze.

Welche Rolle kann die Bionik im Bauwesen übernehmen? Einfache Fragestellungen bekommen durch einfache kausale Veränderungen eine vollkommen neue Dimension. So birgt beispielsweise die Frage nach dem Leichtbau im Bauwesen zum Einen die Suche nach dem Wo und zum Anderen nach dem Wie. Primär sehen wir darin eine gewisse elitäre Geisteshaltung, die in der Natur faktisch evolutionsbedingt und in jedem Fall optimiert ist. Dort gibt es keine gestalterisch willkürlichen

Zwänge. Im Rahmen unserer Aufgabenstellungen versuchen wir, diese willkürlichen Zwänge auszublenden und das jeweilige Optimum herauszuarbeiten. Wir laden Sie ein, daran teilzunehmen. Die unterschiedlichen Fragestellungen werden dabei in den einzelnen Lehrveranstaltungen (GPE, Baukonstruktionen, Konstruktives Gestalten, Sonderfragen Baukonstruktion) anhand der jeweiligen Aufgabenstellungen betreut.

#### 4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel



#### 4.4. Green Building Design

Laut Energiekonzept der Bundesregierung sollen 20% der Primärenergie bis 2020 und 50% bis 2050 gegenüber dem Vergleichsjahr 2008 eingespart werden. Die Energieumwandlung aus Sonnen-, Wasser- und Windkraft ist der größte Hoffnungsträger für kohlenstofffreie Energiebereitstellungssysteme. Bis 2020 soll der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch 18% betragen. Die unstetige Verfügbarkeit und die noch ungelöste Speichereffektivität lassen noch viel Spielraum für breitgefächerte Forschungstätigkeiten. Nach wie vor ist also ein möglichst sparsamer Energieverbrauch die primäre Handhabung zur Energieminderung und somit CO<sub>2</sub> Emissionen in die Atmosphäre zu verringern.

Solaraktive Gebäudehüllen können den Primärenergiebedarf und den CO<sub>2</sub> Ausstoß von Wohngebäuden deutlich reduzieren. Große südorientierte Fensterflächen stellen z.B. bei Passivhäusern eine der wichtigsten Wärmequellen dar. Mehrfachverglasungen mit niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) und möglichst hohen Energiedurchlassgraden (g-Wert) wirken sich positiv auf die Jahreswärmeenergiebilanz aus. Im Vergleich zu opaken Bauteilen stellen die Transparenten aber immer noch Schwachpunkte dar. Transparente Bauteile können durch Adaption weiter optimiert werden. Gerade unbeheizte Glasvorbauten haben positive Einflüsse auf den Jahresheizwärmebedarf. Es muss lediglich weiter an einer effizienten Speicherung solarer Energiereserven geforscht werden.

#### 4.4.1. Zukunftsfähige Wärmeenergieversorgung für Wohngebäude

Durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014 [20], die ab dem 1. Mai 2014 in Kraft tritt, werden die energetischen Anforderungen an Neubauten abmildert. Mit dieser Novelle wird das Niveau „klimaneutrales Gebäude“ für Neubauten bis 2020 auf der Basis von primärenergetischen Kennwerten eingeführt. Zukünftig sollen auch Gebäude im Bestand stufenweise in der EnEV geregelt werden. Von 2020 bis 2050 sollen Bestandsgebäude auf eine Minderung des Primärenergiebedarfs um 80 Prozent als Zielniveau ertüchtigt werden. Zunächst werden nur die energetisch schlechtesten Gebäude betroffen sein, die in der Regel auch bauphysikalisch saniert werden müssen. Bei der anstehen-

den Sanierung hat der Eigentümer die Wahl zwischen Maßnahmen an der Gebäudehülle, der Verbesserung der Anlagentechnik oder dem Einsatz erneuerbarer Energien.

##### Minimierung des Primärenergiebedarfs

Die Verbesserung der thermischen Gebäudehülle reduziert die Energieverluste durch Transmission, eine verbesserte Anlagentechnik steigert die Effizienz und reduziert die Umwandlungsverluste. Beides reduziert zunächst den Endenergiebedarf und somit auch den Primärenergiebedarf, der sich durch die Multiplikation mit dem entsprechenden Primärenergiefaktor ergibt. Insbesondere der Ein-

Energieträger	Primärenergiefaktor
Heizöl	1,1
Gas	1,1
Holz	0,2
Strom	2,6 (ab 1.5.2014 2,0 bzw. 1,8 ab 2016)
Solarthermie	0,0

Abb. 103: Tabelle 1: Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger (EnEV 2009, 2014)

satz von regenerativer Energie senkt den Primärenergiebedarf von Gebäuden erheblich. Beispielhafte Primärenergiefaktoren können aus der nachfolgenden Tabelle 1 (Abb. 103) entnommen werden.

Der Primärenergiefaktor für Strom wird ab 2016 von 2,6 auf 1,8 abgesenkt. Hier wirken sich die stetig wachsenden regenerativen Stromerzeugungsanlagen aus Sonne und Wind aus. Inwiefern jedoch das öffentliche Stromnetz mit großen Zwischenspeichern in Form von Pumpkraftwerken und Speicherstauseen sowie von chemischen Großspeicheranlagen zukünftig ausgebaut und der Primärenergiefaktor von Strom noch weiter gesenkt werden kann, bleibt abzuwarten. Eine großflächige Nutzung von strombetriebenen Wärmepumpen zur Bereitstellung des Heizwärmebedarfes steht und fällt daher mit der globalen Lösung dieser Fragestellung. Die geografischen Randbedingungen Deutschlands bieten beispielsweise Grenzen für den Ausbau von Stauseen zur Speicherung von solarer Energie. Bei der Batteriespeichertechnologie liegen mehrere Zehnerpotenzen zwischen den derzeit machbaren und den erforderlichen Speicherkapazitäten. Eine loka-

le Betrachtungsweise anhand eines energieautarken Wohngebäudes, das den kompletten Jahresenergiebedarf durch eine hauseigene Photovoltaikanlage deckt, ist zwar technisch möglich, aber aus finanzieller Sicht nicht wirtschaftlich realisierbar. In den gemäßigten Klimazonen ist die Divergenz aus Energieerzeugung im Sommer und Energiebedarf im Winter zu groß, sodass die erforderlichen Speicherkapazitäten die Kosten explodieren lassen. Rund 80% der Jahresenergieerzeugung aus Photovoltaik wird in den Sommermonaten bereitgestellt. Der Jahresheizwärmebedarf ist jedoch auf die Winterhälfte beschränkt, sodass die derzeit wachsenden Installationen von strombetriebenen Wärmepumpen nur suboptimal sind. Der Strombedarf in der aus solarenergetisch ungünstigen Zeit wird durch die Wärmepumpen deutlich erhöht.

##### Quantitativer Vergleich

An einem Rechenbeispiel hinsichtlich des Primärenergiebedarfs für die Heizwärmebereitstellung eines Einfamilienwohnhauses soll nachfolgend die ökologische Qualität der verschiedenen Heizungsanlagen verdeutlicht werden. Bei einer Wohnflä-

che von 140 m<sup>2</sup> und einem sehr guten energetischen Gebäudestandard mit einem bezogenen Jahresheizwärmebedarf von 25 kWh/m<sup>2</sup>a liegt der absolute Jahresheizwärmebedarf bei 3.500 kWh/a. Umwandlungs-, Verteilungs- und Speicherverluste werden mit 10 % abgeschätzt, sodass der Endenergiebedarf bei 3.850 kWh/a liegt. Unter Einsatz einer Gas- oder Ölheizung liegt der Primärenergiebedarf bei 4.235 kWh/a. Bei einer Luft-/Wasser-Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 3,5 reduziert sich der Endenergiebedarf zunächst auf 1.100 kWh/a. Unter Berücksichtigung des Primärenergiefaktors von 2,6 für Strom ergibt sich der Primärenergiebedarf zu 2.860 kWh/a. Ab 2016 wird der Primärenergiebedarf lediglich 1.980 kWh/a betragen, da sich dann der Primärenergiefaktor für Strom wie bereits erwähnt auf den Wert von 1,6 reduziert. Wer bereit ist, in den Wintermonaten einen Scheitholzofen zur Wärmeherzeugung zu bedienen, kann eine wirtschaftlich günstige und aus ökologischer Sicht optimale Variante zur Wärmebereitstellung in Betracht ziehen. Aus primärenergetischer Sicht werden durch Multiplikation mit dem Primärenergiefaktor 0,2 für Holz lediglich 572 kWh/a benötigt,

was im Vergleich zu den vorher beschriebenen Varianten als derzeitiges Optimum zu betrachten ist.

Eine weitere Optimierungsmöglichkeit bieten großflächige Solarkollektoren zur Heizungsunterstützung. Mit entsprechend groß dimensionierten Kollektorflächen und mehrere tausend Liter fassenden Pufferspeichern lassen sich solare Deckungsgrade bis zu 100 % technisch realisieren. Jedoch sind solche Deckungsvarianten nicht wirtschaftlich und insbesondere in dichter städtebaulicher Lage auch nicht besonders beliebt. Hier sind neben den Installationskosten auch Vorhaltekosten für den verlorenen Wohnraum durch die notwendige große Speicherkubatur nicht zu vernachlässigen. Jedoch ergeben sich durch die Kombination von Solarthermie- mit biomassebetriebenen Wärmebereitstellungsanlagen benutzerfreundliche und äußerst ökologische wärmeenergetische Versorgungssysteme.

#### Ausblick

Das zukunftsfähige Haus sollte eine Photovoltaikanlage besitzen, die gerade soviel Strom produziert, der den täglichen Bedarf deckt und noch ei-

nen kleinen Überschuss ins öffentliche Netz oder in eine kleine, etwa ein bis zwei Tagesbedarfe deckende Zwischenspeichereinheit einspeist. Die Warmwasserversorgung sollte insbesondere in den Sommermonaten durch Umwandlung solarer Energie erfolgen. Biomasse ist aus heutiger Sicht die umweltfreundlichste und kostengünstigste Form der Speicherung solarer Energie. Die Natur hat mit der Photosynthese eine bislang konkurrenzlose Energieumwandlung aufgezeigt, die leider technisch noch nicht bzw. noch nicht wirtschaftlich umgesetzt werden kann. Wenn es zukünftig jedoch gelingt, den Quotienten aus Primärenergiefaktor für Strom und Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe kleiner als 0,2 zu bewerten, wird Biomasse als ökologischster Heizenergielieferant durch die Wärmepumpentechnologie abgelöst. Beispielsweise müsste bei einer gesteigerten Jahresarbeitszahl von 5,0 der Primärenergiefaktor für Strom unter 1,0 liegen.

Die Lösung der Zukunft wird durch die zukünftige Speichertechnologie aufgezeigt werden. Einerseits können kleine Zwischenspeicher in Form von Eisspeicher oder Erdmassenspeicher die Effizienz der Wär-

mepumpentechnologie steigern. Andererseits müssen Großspeicher im öffentlichen Stromnetz die regenerativen Energien zwischenspeichern und die Primärenergiefaktoren weiter senken.



#### 4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel



##### 4.5. Bauen im Bestand

Mehr als 60 % der heutigen Bauleistungen werden im Bestand erbracht und es ist davon auszugehen, dass in Zeiten hoher energetischer Anforderungen an Wohngebäude der Umfang von Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen auch zukünftig steigen wird.<sup>1</sup> Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang denkmalgeschützte Bausubstanz, denn die Fragen zur Energieeffizienz machen auch vor historisch wertvollen Gebäuden nicht halt. An dieser Stelle möchte das Forschungsprojekt - Bauen im Bestand - ansetzen und aktuelle Fragestellungen aus dem Spannungsfeld von Denkmalschutz, Baukonstruktion und Bauphysik beantworten.

<sup>1</sup> Vgl.: Hochbauprognose 2012 von OC & C Strategy Consultants [21]

Die Schwerpunkte unserer Forschungstätigkeit beziehen sich dabei auf die nachfolgenden Themenbereiche.

1. Darlegung denkmalpflegerischer Rahmenbedingungen mit Anforderungen und Zielen bei der energetischen Ertüchtigung von historisch wertvoller Bausubstanz.
2. Untersuchung der realistischen Feuchtigkeitsverhältnisse in Außenwänden unter Berücksichtigung von Konstruktion, Lage, Jahreszeit und weiteren Einflussfaktoren.
3. Ermittlung der tatsächlichen Auswirkungen von feuchtigkeitsbelastetem Mauerwerk auf die Wärmeverluste und die Energiebilanz eines Baudenkmals.

4. Zusammenfassung von Handlungsempfehlungen zur dauerhaften Austrocknung und energetischen Ertüchtigung historischer Außenwandkonstruktionen.

Darüber hinaus sollen durch das Forschungsprojekt Impulse für ambitionierte Konzepte zur Ertüchtigung von Baudenkmalern gegeben werden, die sowohl energetische, als auch denkmalpflegerische Gesichtspunkte vereinen.

##### 4.5.1. Einflussgrößen auf die Wärmeleitfähigkeit von porösen Baustoffen

---

Robert Burgaß, Stefan Schäfer

Die Übertragung von Wärme ist ein Energietransport, der durch die Mechanismen Wärmeleitung und Wärmemitführung mittels Konvektion und Wärmestrahlung erfolgen kann (siehe Abb. 104). Je nach Beschaffenheit der thermischen Gebäudehülle können die Übertragungsmechanismen mit unterschiedlichen Anteilen überlagernd auftreten. Jedoch ist mit ihnen grundsätzlich das Bestreben verbunden, einen Temperaturengleich herbeizuführen. Dabei erfolgt die Wärmeübertragung innerhalb eines Systems immer von der höheren zur niedrigeren Temperaturseite bis ein Temperaturengleichgewicht hergestellt ist.<sup>2</sup>

Mit Blick auf Bauwerke bei denen eine nachträgliche Außen- oder Innendämmung zur Ertüchtigung einer mäßig dämmenden Hülle nicht umgesetzt werden kann, stellt sich die Frage, welche Faktoren die Wärmeübertragung über die Umfassungswände prägen und wie diese positiv beeinflusst (sprich: reduziert) werden können. Hier sind zunächst die *konvektionsbedingten Wärmeverluste* zu benennen, die auf Fehlstellen in der thermischen Gebäudehülle zurückzuführen sind und mit einem erhöhten Luftaustausch zwischen Innen- und Außenraum einhergehen (Infiltration).<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> CAMMERER 1995, S. 20; Vgl. LOHMEYER 2013, S. 74-75; WILLEMS 2013, S. 8 [22][23][24]

<sup>3</sup> WILLEMS 2013, S. 52 - 54 [24]

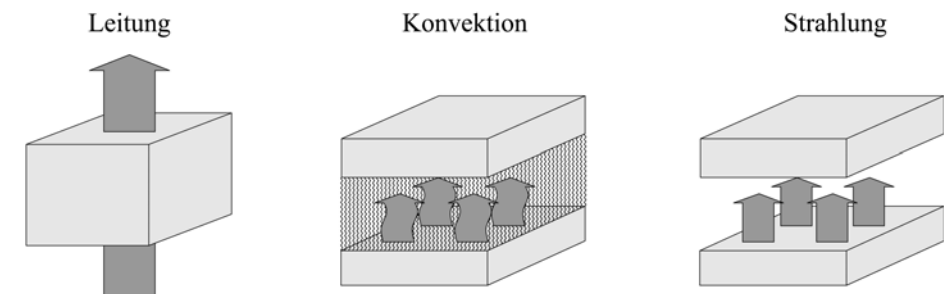


Abb. 104: Mechanismen des Wärmetransports

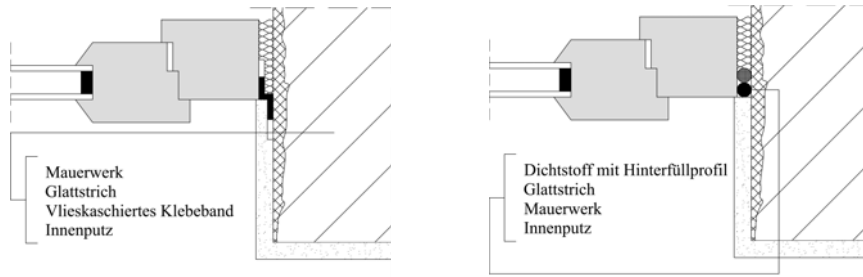


Abb. 105: Luftdichter Fensteranschluss im Laibungsbereich

Anzutreffen sind diese neuralgischen Punkte häufig im Bereich von nicht luftdicht ausgeführten Fenster- oder Türanschlüssen. Im Rahmen von Blower-Door-Untersuchungen können diese jedoch effektiv detektiert und mit einfachen Mitteln, wie z.B. durch den Einbau von Abklebungen oder Dichtbändern, behoben werden (siehe Abb. 105).<sup>4</sup>

Im Gegensatz dazu sind die *strahlungsbedingten Wärmeverluste* maßgeblich durch den Reflexions- und Absorptionsgrad der Außenwände geprägt (Transmission ist bei opaken Bauteilen nicht gegeben, siehe Abb. 106). Ohne den Einbau wärmereflektierender Materialien, die durch ein geringes Absorbieren langwelliger Strahlung gekennzeich-

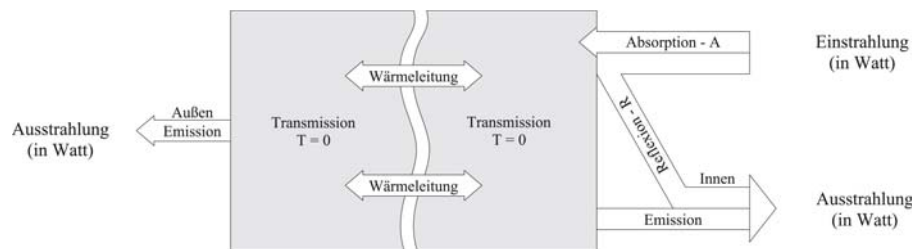


Abb. 106: Schematische Bilanzierung der Wärmestrahlung an einer Außenwand

4 WILLEMS 2013, S. 52 - 54; Vgl. DIN 4108-7, S. 17 [24][25]

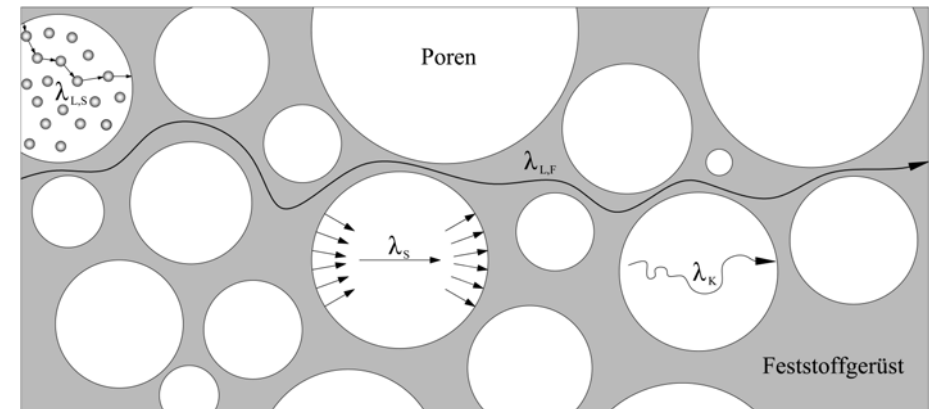


Abb. 107: Wärmetransport innerhalb poröser Materialien

net sind, ist davon auszugehen, dass kein signifikanter Einfluss auf diesen Wärmetransportmechanismus und die damit einhergehenden Wärmeverluste genommen werden kann.<sup>5</sup>

Ein weiterer wichtiger Faktor, der die Wärmeübertragung über die Umfassungswände maßgeblich beeinflusst, ist der Transportmechanismus *Wärmeleitung*. Bei porösen Baustoffen bezieht sich diese sowohl auf die festen Materialbestandteile als auch auf den Porenraum. Damit geht einher, dass der Transport von Wärme nicht nur auf die Wärmeleitung im Feststoffgerüst ( $\lambda_{L,F}$ ) begrenzt ist,

sondern ebenso durch Wärmeleitung ( $\lambda_{L,S}$ ), Strahlungsaustausch ( $\lambda_S$ ) und Konvektion ( $\lambda_K$ ) in den gasgefüllten Hohlräumen erfolgt (siehe Abb. 107). Die Wärmeleitfähigkeit eines porösen Baumaterials resultiert somit aus der Summe der Einzelanteile infolge der verschiedenen Transportmechanismen und ist in diesem Zusammenhang nicht als „echte“, sondern immer als „effektive“ Wärmeleitfähigkeit zu verstehen.<sup>6</sup>

Unter Berücksichtigung dieser physikalischen Zusammenhänge ist es für die Forschung bei KGBauko von be-

5 WILLEMS 2013, S. 21; Vgl. CAMMERER 1995, S. 21 [24][22]

6 SCHILD 2013, S. 36 - 38; Vgl. CAMMERER 1995, S. 36 - 37 [26][22]

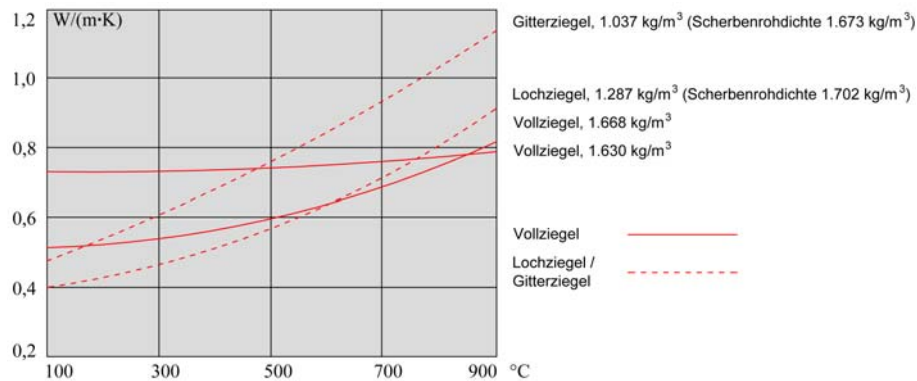


Abb. 108: Wärmeleitfähigkeit von Ziegeln in Abhängigkeit von der Materialtemperatur

sonderem Interesse, welche Einflüsse die effektive Wärmeleitfähigkeit eines porösen Baustoffs prägen. In der Fachliteratur wird in diesem Zusammenhang auf die Rohdichte, den Feuchtegehalt und die Temperatur des Materials hingewiesen. Weitere wichtige Einflussgrößen sind laut CAMMERER die Wärmeleitfähigkeit des Feststoffgerüsts, die Ausbildung des Porenraums (Art, Größe und Anordnung der Poren), die Strahlungseigenschaften und die Gasdurchlässigkeit der Porenwänden, aber auch die Art des Gases und der Gasdruck in den Poren.<sup>7</sup>

Dabei ist zu berücksichtigen, dass von den genannten Einflussfaktoren

lediglich die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt des Baustoffs, entsprechend den jahreszeitlichen Witterungsänderungen, regelmäßigen Schwankungen unterliegen. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, nimmt dabei die effektive Wärmeleitfähigkeit der porösen Baustoffe mit steigender Temperatur zu, da diese Gesetzmäßigkeit sowohl für das Feststoffgerüst, als auch für den Wärmetransport im Porenraum gilt (siehe Abb. 108).<sup>8</sup>

Eine Abnahme der effektiven Wärmeleitfähigkeit mit steigender Temperatur liegt in der Regel nur bei Materialien mit überwiegend kristallinem Feststoffanteil und relativ geringer

7 CAMMERER 1995, S. 36 - 37 [22]

8 CAMMERER 1995, S. 62; Vgl. WILLEMS 2013, S.11 [22][24]

Porosität vor (z.B. Magnesitsteine). Gegenüber dem Feuchtigkeitsgehalt von Baustoffen tritt jedoch die temperaturbedingte Zunahme der Wärmeleitfähigkeit weitestgehend in den Hintergrund. So weist Wasser bei Raumtemperatur mit 0,60 W/(m·K) eine in etwa 25-fach höhere molekulare Wärmeleitfähigkeit auf, als Luft mit 0,024 W/(m·K). Bei einer partiellen oder vollständigen Sättigung der Porenräume mit Wasser hat dies, je nach Porosität bzw. Rohdichte des Baustoffes, zum Teil erhebliche Konsequenzen auf dessen effektive Wärmeleitfähigkeit. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht nur die höhere Wärmeleitfähigkeit des

in den Poren enthaltenen Wassers die effektive Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs beeinflusst, sondern auch ein zusätzlicher Energietransport.<sup>9</sup>

Dabei handelt es sich um Feuchtigkeitsbewegungen mit Enthalpieänderung im Porenraum, die sogenannte Porendiffusion. Sind die Oberflächen der Baustoffporen ganz oder teilweise benetzt, verdunstet aufgrund eines Temperaturgefälles an der wärmeren Porenwandung unter Verbrauch von Verdampfungswärme Wasser, das an der kälteren Porenwandung unter Abgabe von Wärme wieder kondensiert. Je nachdem, ob der Baustoff einen hygroskopischen oder überhy-

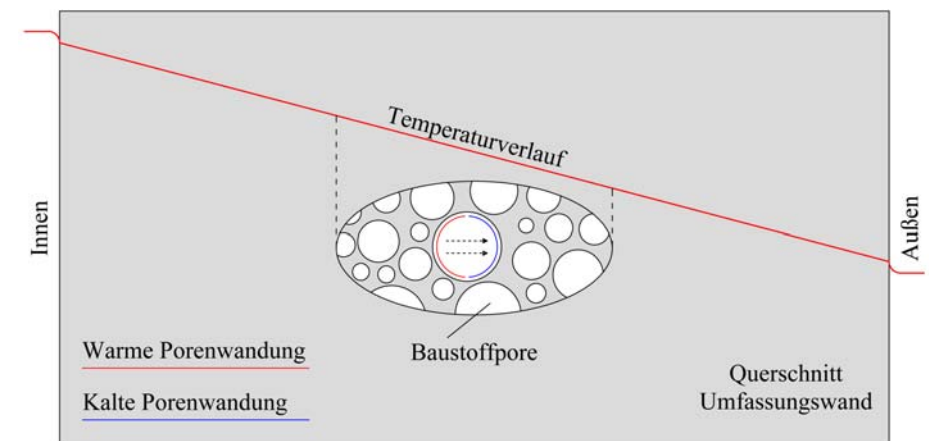


Abb. 109: Schema der Porendiffusion innerhalb einer Umfassungswand

9 CAMMERER 1995, S. 62, 69, 71, 415, 416 [22]



grooskopischen Feuchtigkeitszustand aufweist, wird das kondensierte Wasser in den Poren adsorbiert oder es verstärkt die bereits vorhandenen Wasserschichten. Dies führt zu einer Erhöhung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Porenluft, die sich nun aus den Anteilen Wärmeleitfähigkeit durch Wasserdampfdiffusion und Wärmeleitfähigkeit von Luft zusammensetzt.<sup>10</sup>

Hinsichtlich des Vorgangs der Porendiffusion ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Luftfeuchte im Porenraum ohne Phasenänderung des Wasserdampfes nicht auf den Wärmetransport auswirkt. Zurückzuführen ist dies auf die Wärmeleitfähigkeit feuchter Luft, die laut CAMMERER geringfügig kleiner als die von trockener Luft ist. Ebenso hat die Porendiffusion keine Auswirkungen auf die Diffusionswiderstandszahl des Baustoffes, da der Vorgang nicht durch die ganze Stoffschicht, sondern nur in einzelnen Poren, erfolgt.<sup>11</sup>

Ein weiterer wichtiger Faktor, der die effektive Wärmeleitfähigkeit von porösen Baustoffen beeinflusst, sind Temperaturen unterhalb von 0 °C.

Diese führen im Porenraum zur Bildung von sogenannten Reifkristallen oder Eis, je nachdem in welchem Aggregatzustand (flüssig oder gasförmig) das vorhandene Wasser ausfriert. Laut CAMMERER entspricht die Wärmeleitfähigkeit von Reif bei 0 °C und einer Rohdichte von 100 kg/m<sup>3</sup> in etwa 0,09 W/(m·K). Diese steigt mit zunehmender Reifdichte an, bis der Wert von Wasser mit 0,60 W/(m·K) und anschließend von Eis mit 2,2 W/(m·K) erreicht ist. Dabei verdeutlicht sich, dass die effektive Wärmeleitfähigkeit eines porösen Baustoffs infolge Reifbildung nur geringfügig ansteigt, wohingegen die Bildung von Eis bzw. Eisbrücken deutlich stärkere Auswirkungen auf den Wärmetransport infolge Wärmeleitung haben. Der theoretisch damit verbundene sprunghafte Anstieg der Wärmeleitfähigkeit konnte jedoch im Rahmen praktischer Versuche nur bei Proben mit höherem Feuchtigkeitsgehalt festgestellt werden (siehe Abb. 110 und Abb. 111). Zurückzuführen ist dies darauf, dass in den untersuchten Baustoffen Salze enthalten waren, die mit dem Porenwasser eine Lösung bildeten und je nach Konzentration zu einer mehr oder weniger starken Erniedrigung des Gefrierpunktes führten.<sup>12</sup>

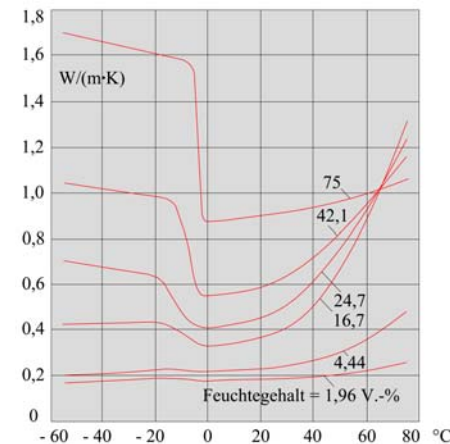


Abb. 110: Wärmeleitfähigkeit von feuchtem Porenbeton bei Temperaturen unter 0 °C

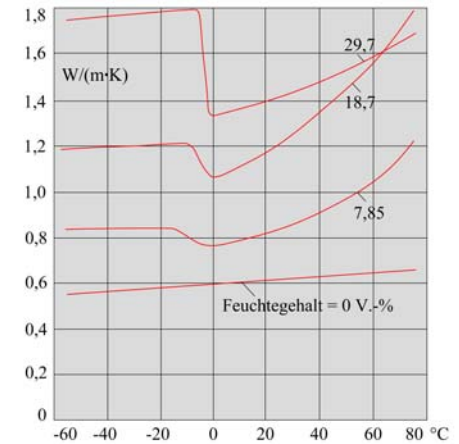


Abb. 111: : Wärmeleitfähigkeit von feuchten Dachziegeln bei Temperaturen unter 0 °C

Abschließend bleibt festzuhalten, dass von den drei vorgestellten Transportmechanismen nur die Wärmeleitung durch äußere Einflüsse in Form von Temperaturschwankungen und Feuchtigkeitseinwirkungen geprägt wird. Insbesondere bei Bestandsgebäuden, bei denen ein nachträglicher Wärmeschutz, sowohl von außen, als auch von innen nicht möglich ist, können diese Einflussfaktoren wichtige Stellschrauben zur energetischen Optimierung der Umfassungswände darstellen. Im Rahmen der energetischen Bewertung von historischen

Gebäuden finden die damit einhergehenden hygrothermischen Prozesse i.d.R. jedoch nur wenig Beachtung. Insbesondere das Applizieren moderner Hydrophobierungen und Farbbeschichtungen auf Fassaden können hier neben dem Witterungsschutz auch eine Chance zur Reduzierung von Wärmeverlusten darstellen. Wie groß das tatsächliche Potential dieser Ertüchtigungsmaßnahmen ist und welche Risiken damit für die Bausubstanz verbunden sind, sollen daher zukünftig im Rahmen der Forschungstätigkeit bei KGBauko näher untersucht werden.

10 CAMMERER 1995, S. 71 - 72; Vgl. KRISCHER 1978, S. 271 - 274 [22][27]

11 CAMMERER 1995, S. 72 [22]

12 CAMMERER 1995, S. 90 - 91; Vgl. KRISCHER 1978, S. 279 - 280 [22][27]

---

## 5. Anhang

---

### 5.1. Ausblick 2013

---

An dieser Stelle habe ich vergangenes Jahr die bevorstehenden Arbeiten für die Reakkreditierung der Bachelor- und Masterstudiengänge des FB 13 erwähnt, die im Rahmen meines Studiendekanats anzugehen waren. Die dabei geäußerte Zuversicht, entscheidende Weichen für eine positive Fortentwicklung zu stellen, war nicht vergeblich. Mittlerweile wurden sehr gute Programmverbesserungen auf den Weg gebracht. Welches sind nun unsere neuen Ziele?

Durch die Ausweitung unserer Kooperationen in den asiatischen Raum, insbesondere mit der SUTD in Singapur und der VGU in Vietnam, werden sich unsere internationalen

Aktivitäten intensivieren. Diese Zusammenarbeit kommt sowohl unseren wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern als auch unseren Studierenden zugute. Das Thema Konstruktives Gestalten, Baukonstruktion und Green Building Design über die Grenzen Deutschlands hinaus zu tragen, ist uns dabei ein besonderes Anliegen. Es gibt dabei so viele Fachthemen, die sich weiter entwickeln lassen. Dabei ist uns bewusst, dass in den einzelnen Ländern unterschiedliche Schwerpunkte zu setzen sind (z. B. sind Photovoltaik Elemente nicht automatisch in den heißen Ländern Südasiens weit verbreitet).

Nach dem äußerst erfolgreichen Abschluss von KGBauko bei dem 2. großen BI-Kongress „Bauen und

---

## 5. Anhang

---

Umwelt“ des Fachbereichs 13 mit unseren beiden stark besuchten Hauptsessions werden wir auch im nächsten Jahr Foren suchen, auf denen wir unsere Arbeiten fortentwickeln und präsentieren können.

Weiterhin werden wir uns dem Anstieg der Teilnehmerzahlen in unseren Lehrveranstaltungen stellen und effiziente Methoden zu deren intensiven Betreuung ausloten. Hierzu zählt auch der verstärkte Einsatz von Learning Management Systemen (LMS) auf Onlineplattformen. Eine hochwertige Betreuung unter Bewältigung aller auch sonstigen widrigen Umstände ist uns ein besonderes Anliegen und ist eine tägliche Herausforderung.

Auch neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und die mit ihnen einhergehenden Arbeitsthemen sind in das Fachgebiet und seine Aktivitäten zu integrieren. Neue Studienaufgaben und –projekte sowie interne Workshops sollen dabei helfen, die Effizienz und gegenseitige Befruchtung interessanter Tätigkeit auf einem hohen Niveau zu halten.

Es bleibt also spannend - und wir freuen uns darauf!

---

### 5.2. Danksagungen

---

Für das zurückliegende Jahr 2013 bedanken wir uns bei allen Lehrbeauftragten, sämtlichen Kolleginnen und Kollegen in allen Bereichen der Zusammenarbeit, unseren Freunden sowie den wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von KGBauko.

Wir danken recht herzlich für die angenehme Zusammenarbeit, für die hilfreiche Unterstützung unseres Fachgebietes und für gute Ideen und die stete Begleitung bei unserem Weg zu neuen Zielen.

Nicht zuletzt gilt unser Dank der TU Darmstadt, die uns die Möglichkeit bietet, immer allseits spannender und anspruchsvoller Arbeit nachzugehen. Unser besonderer Dank auch gilt der Virginia Tech in Blacksburg, USA, der VGU in Ho Chi Minh City in Vietnam und der SUTD in Singapur für die große Chance internationaler Präsenz.

Im Namen aller Mitarbeiter/-innen von KGBauko

Prof. Stefan Schäfer

## 5.3. Publikationen 2013

Stefan Schäfer, Scholeh Abedini, Peter Groche, Frederic Bäcker, Christian Ludwig, Eberhard Abele, Behzad Jalizi, Clemens Müller, Vanessa Kaune: **„Verbindungstechniken durch die Technologie des SFB 666“**, Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. K Zilch, München; In: Der Bauingenieur, Heft 01/2013, Springer VDI Verlag, ISSN: ISSN 0005-6650

Stefan Schäfer : **„KGBauko aktuell“**, 2013, ISSN: 2195 – 9080

Stefan Schäfer: Beitrag für den 2. Darmstädter BI-Kongress: **„Energetische Ertüchtigung im denkmalgeschützten Gebäudebestand“**, 2. BI-Kongress des FB 13, Darmstadt; Hrsg: Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel, Technische Universität Darmstadt; Shaker Verlag GmbH, Aachen, März 2013, ISSN : 0945-067X

Stefan Schäfer, Adrian Zimmermann, Scholeh Abedini: **„Definition of Geometric Boundary Conditions for Tensile Structures regarding their impact to Aesthetics“**, Herausgeber:

Global Science and Technology Forum (GSTF); Verlag GSTF 2012 – ACE, ISSN: 2301-304X

Stefan Schäfer, Scholeh Abedini, Ante Ljubas, Jakob Reising: **“ Modular Construction Systems for Freeform Architecture”**, Konferenzbeitrag für die ICSA in Portugal; Herausgeber: Paulo J.S. Cruz Band: Proceedings of the second international Conferenz on Structures and Architecture, Guimares, Portugal Heft-Nr.: 2, Seite: 199-200; Verlag: CRC Press/Balkema (Taylor & Francis Group, London, UK) ISBN 978-0-415-66195-9 (Hbk + CD-ROM); ISBN 978-0-203-79856-0 (eBook)

Stefan Schäfer, Scholeh Abedini: **“Holistic Consideration of the Development of Innovative Building Elements”**, Konferenzbeitrag für Energy Forum in Brixen Italien; Verlag: EF Economic Forum, München, 2013 ISBN: 978-3-9812053-6-7

## 5.4. Quellenverzeichnis

- [1] vgl. Bucciarelli, P; in: Mäckler, C.; Werkstoff Stein, Birkhäuser-Verlag für Architektur
- [2] vgl. Barthel, R.; Eladio Dieste – Form und Konstruktion, München, Verlag Das Beispiel GmbH, Darmstadt, 2001.
- [3] <http://www.tu-cottbus.de/projekte/de/great-engineers/ingenieure/dieste-eladio-1917-2000/projekte.html>(10.12.2013)
- [4] vgl. DAIDALOS 43/1992, Triumphe des Backsteins / Triumphs of Brick, S.80
- [5] Deutsche Bauzeitung 2/1995 – Lateinamerika, S.126
- [6] <http://www.sfb666.de>
- [7] Vucic, D.: Methoden zum Herstellen und Weiterverarbeiten von Spaltprofilieren, Shaker Verlag, Aachen, 2010.
- [8] Jöckel, M.: Grundlagen des Spaltprofilierens von Blechplatten, Shaker Verlag, Aachen, 2005.
- [9] Müller, C., Bohn, T., Bruder, E., Bruder, T., Landersheim, V., el Dsoki, C., Groche, P., Veleva, D.: Severe Plastic Deformation by Linear Flow Splitting, in: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 38(10) (2007), pp. 842-854.
- [10] Bohn, T., Bruder, E., Müller, C.: Formation of ultrafine-grained microstructure in HSLA steel profiles by linear flow splitting, in: Journal of Materials Science 43 (2008), pp. 7307-7312.
- [11] Zimmermann, Adrian & Abedini, Scholeh & Schäfer, Stefan (2013): Definition of Geometric Boundary Conditions for Surface Structures regarding their impact to Aesthetics. Im Rahmen der 1st Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering (ACE 2013). Singapur: Global Science and Technology Forum (GSTF)

- [12] Zimmermann, Adrian & Abedini, Scholeh & Schäfer, Stefan (2013): Ästhetische Formgestalten in der Architektur. Konzepte, Prinzipien, Restriktionen. Darmstadt: Meisenbach Verlag
- [13] Seyler, Axel (2003): Wahrnehmen und Falschnehmen. Praxis der Gestaltpsychologie. Auflage 2, Frankfurt am Main: Anabas, S. 33
- [14] Vitruvius Pollio, Marcus (n.d.): De architectura libri decem. In: (1964) ed. lat./d. von Fensterbusch, Curt, Auflage 3, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Buch I
- [15] Sakamoto, Tomoko, From control to design, Barcelona 2008, S.36
- [16] Bauwelt 23 2011, S. 25
- [17] vgl.: <http://www.hsh.info/bucci08.htm> (10.02.2012)
- [18] vgl.: Deutsches Architektenblatt, 02/2012, S.7
- [19] <http://www.kaisersrot.ch/>
- [20] EnEV 2014 online unter <http://www.enev-2014.info/enev-nicht-amtliche-fassung-16-10-13-aenderungen.pdf>
- [21] OC & C Strategy Consultants: Hochbauprognose 2012. Düsseldorf
- [22] CAMMERER, Walter: Wärme- und Kälteschutz im Bauwesen und in der Industrie. Berlin / Heidelberg 1995.
- [23] LOHMEYER, Gottfried u. POST, Matthias: Praktische Bauphysik. Eine Einführung mit Berechnungsbeispielen. Wiesbaden 2013.
- [24] WILLEMS, Wolfgang (Hrsg.): Lehrbuch der Bauphysik. Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima. Wiesbaden 2013.
- [25] DIN 4108-7: Wärmeschutz- und Energieeinsparung in Gebäuden. Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele. Januar 2011.

- [26] SCHILD, Kai u. WILLEMS, Wolfgang (Hrsg.): Wärmeschutz. Grundlagen, Berechnung, Bewertung. Wiesbaden 2013.
- [27] KRISCHER, Otto u. KAST, Werner: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. Berlin / Heidelberg 1978.
- [28] HERWIG, Heinz u. MOSCHALLSKI, Andreas: Wärmeübertragung. Physikalische Grundlagen, illustrierende Beispiele, Übungsaufgaben mit Musterlösungen. Wiesbaden 2009.
- [29] HIESE, Harald: Baustoffkenntnis (15. Aufl.). München / Unterschleißheim 2003.
- [30] SCHÄFER, Stefan: KGBauko aktuell. Januar 2013. Darmstadt 2013.
- [31] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): VDI-Wärmeatlas. Berlin / Heidelberg 2013.
- [32] VON BÖCKH, Peter u. WETZEL, Thomas: Wärmeübertragung. Grundlagen und Praxis. Berlin / Heidelberg 2011.
- [33] VOGT, Oliver: Bachelorthesis zum Thema „Wechselbeziehungen zwischen Feuchteschutz und Wärmeschutz im Baudenkmal“. Darmstadt 2013.

### 5.5. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 auf Seite 22 : Eigenes Foto, KGBauko
- Abb. 2 auf Seite 24 : Eigenes Foto, KGBauko
- Abb. 3 auf Seite 25 : Eigenes Foto, KGBauko
- Abb. 4 auf Seite 26 : Eigene Grafik, TU Darmstadt
- Abb. 5 auf Seite 27 : Eigenes Foto, KGBauko
- Abb. 6 auf Seite 30 : Moodle TU Darmstadt, KGBauko
- Abb. 7 auf Seite 31 : Moodle TU Darmstadt, KGBauko



- Abb. 8 auf Seite 32 : Moodle TU Darmstadt, KGBauko
- Abb. 9 auf Seite 33 : Moodle TU Darmstadt, KGBauko
- Abb. 10 auf Seite 34 : KGBauko
- Abb. 11 auf Seite 36 : KGBauko
- Abb. 12 auf Seite 41 : Poster KG, KGBauko
- Abb. 13 auf Seite 42 : Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
- Abb. 14 auf Seite 42 : Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
- Abb. 15 auf Seite 42 : Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
- Abb. 16 auf Seite 42 : Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
- Abb. 17 auf Seite 42 : Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
- Abb. 18 auf Seite 42 : Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
- Abb. 19 auf Seite 43 : Entwurf Kais Hassan Bashariar
- Abb. 20 auf Seite 43 : Entwurf Simon Bielmeier
- Abb. 21 auf Seite 44 : Deutsche Bauzeitung 2/1995 – Lateinamerika; S.120
- Abb. 22 auf Seite 45 : Deutsche Bauzeitung 2/1995 – Lateinamerika; S.12
- Abb. 23 auf Seite 45 : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/> (10.12.2013)
- Abb. 24 auf Seite 46 : Anderson, S.; Eladio Dieste – Innovation in Structural Art, New York, Princeton Architectural Press, 1. Auflage 2004, S.201
- Abb. 25 auf Seite 46 : Anderson, S.; Eladio Dieste – Innovation in Structural Art, New York, Princeton Architectural Press, 1. Auflage 2004, S.199

- Abb. 26 auf Seite 47 : Anderson, S.; Eladio Dieste – Innovation in Structural Art, New York, Princeton Architectural Press, 1. Auflage 2004, S.161
- Abb. 27 auf Seite 49 : Poster BK, KGBauko
- Abb. 28 auf Seite 50 : Fotografie Dipl.-Ing. Irene Root, KGBauko
- Abb. 29 auf Seite 50 : Fotografie Dipl.-Ing. Irene Root, KGBauko
- Abb. 30 auf Seite 51 : Fotografie Dipl.-Ing. Irene Root, KGBauko
- Abb. 31 auf Seite 51 : Fotografie Dipl.-Ing. Irene Root, KGBauko
- Abb. 32 auf Seite 53 : Poster GH, KGBauko
- Abb. 33 auf Seite 55 : Poster GBD, KGBauko
- Abb. 34 auf Seite 56 : Entwurf Andreas Schadt
- Abb. 35 auf Seite 56 : Entwurf Andreas Schadt
- Abb. 36 auf Seite 56 : Entwurf Andreas Schadt
- Abb. 37 auf Seite 57 : Entwurf Andreas Schadt
- Abb. 38 auf Seite 57 : Entwurf Andreas Schadt
- Abb. 39 auf Seite 58 : Entwurf Tamara Nitka
- Abb. 40 auf Seite 58 : Entwurf Tamara Nitka
- Abb. 41 auf Seite 59 : Entwurf Tamara Nitka
- Abb. 42 auf Seite 59 : Entwurf Tamara Nitka
- Abb. 43 auf Seite 61 : Poster GKI, KGBauko
- Abb. 44 auf Seite 62 : [http://wiki-kgbauko.massivbau.tu-darmstadt.de/index.php/Eiserne\\_Steg](http://wiki-kgbauko.massivbau.tu-darmstadt.de/index.php/Eiserne_Steg)
- Abb. 45 auf Seite 63 : [http://wiki-kgbauko.massivbau.tu-darmstadt.de/index.php/Eiserne\\_Steg](http://wiki-kgbauko.massivbau.tu-darmstadt.de/index.php/Eiserne_Steg)

- Abb. 46 auf Seite 64 : Ausarbeitung zum Thema Fachwerkbrücken, Tino Richter
- Abb. 47 auf Seite 65 : Ausarbeitung zum Thema Fachwerkbrücken, Tino Richter
- Abb. 48 auf Seite 66 : Entwurf Lahntalbrücke Limburg, Tino Richter
- Abb. 49 auf Seite 66 : Entwurf Lahntalbrücke Limburg, Tino Richter
- Abb. 50 auf Seite 67 : Entwurf Lahntalbrücke Limburg, Zabi Naser
- Abb. 51 auf Seite 67 : Entwurf Lahntalbrücke Limburg, Zabi Naser
- Abb. 52 auf Seite 69 : Poster FHZ, KGBauko
- Abb. 53 auf Seite 70 : Thema „Werkzeuge“, Katharina Schneider
- Abb. 54 auf Seite 70 : Thema „Werkzeuge“, Julia Breitkreuz
- Abb. 55 auf Seite 70 : Thema „Werkzeuge“, Julia Breitkreuz
- Abb. 56 auf Seite 70 : Thema „Verbindungsmittel“, Theano Tolgou
- Abb. 57 auf Seite 71 : Thema „Verbindungsmittel“, Johannes Noebel
- Abb. 58 auf Seite 71 : Thema „Werkzeuge“, Johannes Noebel
- Abb. 59 auf Seite 71 : Thema „Werkzeuge“, Johannes Noebel
- Abb. 60 auf Seite 71 : Thema „Verbindungsmittel“, Fan He
- Abb. 61 auf Seite 71 : Thema „Verbindungsmittel“, Johannes Noebel
- Abb. 62 auf Seite 72 : Thema „Mobiliar“, Paul Glowacki
- Abb. 63 auf Seite 72 : Thema „Mobiliar“, Katharina Schneider
- Abb. 64 auf Seite 72 : Thema „Mobiliar“, Julia Breitkreuz
- Abb. 65 auf Seite 72 : Thema „Mobiliar“, Wei Xu
- Abb. 66 auf Seite 72 : Thema „Mobiliar“, Katharina Schneider
- Abb. 67 auf Seite 73 : Thema „Gebäude, Bauwerke“, Fan He

- Abb. 68 auf Seite 73 : Thema „Gebäude, Bauwerke“, Yungpeng Ma
- Abb. 69 auf Seite 74 : Thema „Stilleben“, Johannes Noebel
- Abb. 70 auf Seite 74 : Thema „Stilleben“, Johannes Noebel
- Abb. 71 auf Seite 74 : Thema „Stilleben“, Zhuosi Zhong
- Abb. 72 auf Seite 74 : Thema „Stilleben“, Julia Breitkreuz
- Abb. 73 auf Seite 75 : Thema „Pflanzen, Vegetation“, Paul Glowacki
- Abb. 74 auf Seite 75 : Thema „Pflanzen, Vegetation“, Wei Xu
- Abb. 75 auf Seite 75 : Thema „Pflanzen, Vegetation“, Wei Xu
- Abb. 76 auf Seite 76 : Thema „Details aller Art“, Paul Glowacki
- Abb. 77 auf Seite 76 : Thema „Details aller Art“, Katharina Schneider
- Abb. 78 auf Seite 76 : Thema „Details aller Art“, Paul Glowacki
- Abb. 79 auf Seite 77 : Thema „Personen“, Paul Glowacki
- Abb. 80 auf Seite 84 : Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
- Abb. 81 auf Seite 84 : Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
- Abb. 82 auf Seite 84 : Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
- Abb. 83 auf Seite 85 : Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
- Abb. 84 auf Seite 85 : Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
- Abb. 85 auf Seite 86 : PhM TU Darmstadt
- Abb. 86 auf Seite 86 : Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
- Abb. 87 auf Seite 87 : <http://www.sfb666.de>
- Abb. 88 auf Seite 88 : Eigene Grafik, Nicolas Velz
- Abb. 89 auf Seite 88 : [http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Image-Disney\\_Concert\\_Hall\\_by\\_Carol\\_Highsmith\\_edit-2.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Image-Disney_Concert_Hall_by_Carol_Highsmith_edit-2.jpg) (10. 12. 2013)

- Abb. 90 auf Seite 91 : Grafik Adrian Zimmermann, KGBauko
- Abb. 91 auf Seite 92 : <http://uk.phaidon.com/the-art-book/articles/2012/october/15/jeff-koons-goes-walkabout/> (25. 08. 2013)
- Abb. 92 auf Seite 92 : [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Lucas\\_Cranach\\_d.\\_%C3%84.\\_071.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Lucas_Cranach_d._%C3%84._071.jpg), (25. 08. 2013)
- Abb. 93 auf Seite 93 : [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teshima\\_Museum\\_Ryue\\_Nishizawa\\_Rei\\_Naito\\_1.JPG?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teshima_Museum_Ryue_Nishizawa_Rei_Naito_1.JPG?uselang=de), Urheber: Epiq, (14. 12. 2013)
- Abb. 94 auf Seite 94 : [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Firmenzentrale\\_Kaffee\\_Partner\\_-\\_Corporate\\_architecture.jpg?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Firmenzentrale_Kaffee_Partner_-_Corporate_architecture.jpg?uselang=de), Urheber: 3dluxe, (14. 12. 2013)
- Abb. 95 auf Seite 95 : [http://en.wikipedia.org/wiki/Museum\\_of\\_Liverpool](http://en.wikipedia.org/wiki/Museum_of_Liverpool), Urheber: John Bradley, (14. 12. 2013)
- Abb. 96 auf Seite 96 : Eigene Grafik, KGBauko
- Abb. 97 auf Seite 96 : Eigene Grafik, KGBauko
- Abb. 98 auf Seite 97 : Eigene Grafik, KGBauko
- Abb. 99 auf Seite 100 : <http://top-people.starmedia.com/tmp/swotti/cacheDG95BYBPDG8=/imgToyo%20Ito1.jpg> (15.10.2013)
- Abb. 100 auf Seite 101 : Bauwelt 23 2011, S. 25
- Abb. 101 auf Seite 102 : <http://www.archilovers.com/p9763/Department-of-Islamic-Art-at-the-Louvre> (15.10.2013)
- Abb. 102 auf Seite 103 : [http://www.kaisersrot.ch/kaisersrot-02/2008\\_Kalkbreite.html](http://www.kaisersrot.ch/kaisersrot-02/2008_Kalkbreite.html) (10.10.2013)

- Abb. 103 auf Seite 108 : EnEV 2014 online unter <http://www.enev-2014.info/enev-nicht-amtliche-fassung-16-10-13-aenderungen.pdf>
- Abb. 104 auf Seite 115 : WILLEMS, Wolfgang (Hrsg.): Lehrbuch der Bauphysik. Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima. Wiesbaden 2013
- Abb. 105 auf Seite 116 : DIN 4108-7: Wärmeschutz- und Energieeinsparung in Gebäuden. Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele. Januar 2011.
- Abb. 106 auf Seite 116 : HERWIG, Heinz u. MOSCHALLSKI, Andreas: Wärmeübertragung. Physikalische Grundlagen, illustrierende Beispiele, Übungsaufgaben mit Musterlösungen. Wiesbaden 2009.
- Abb. 107 auf Seite 117 : SCHILD, Kai u. WILLEMS, Wolfgang (Hrsg.): Wärmeschutz. Grundlagen, Berechnung, Bewertung. Wiesbaden 2013.
- Abb. 108 auf Seite 118 : CAMMERER, Walter: Wärme- und Kälteschutz im Bauwesen und in der Industrie. Berlin / Heidelberg 1995.
- Abb. 109 auf Seite 119 : VOGT, Oliver: Bachelorthesis zum Thema „Wechselbeziehungen zwischen Feuchteschutz und Wärmeschutz im Baudenkmal“. Darmstadt 2013.
- Abb. 110 auf Seite 121 : KRISCHER, Otto u. KAST, Werner: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. Berlin / Heidelberg 1978.
- Abb. 111 auf Seite 121 : KRISCHER, Otto u. KAST, Werner: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. Berlin / Heidelberg 1978.

## Header-Bilder

Deckblatt                      Fotografie „Containerhafen. Singapur“  
Prof. Architekt Stefan Schäfer, Grafik KGBauko

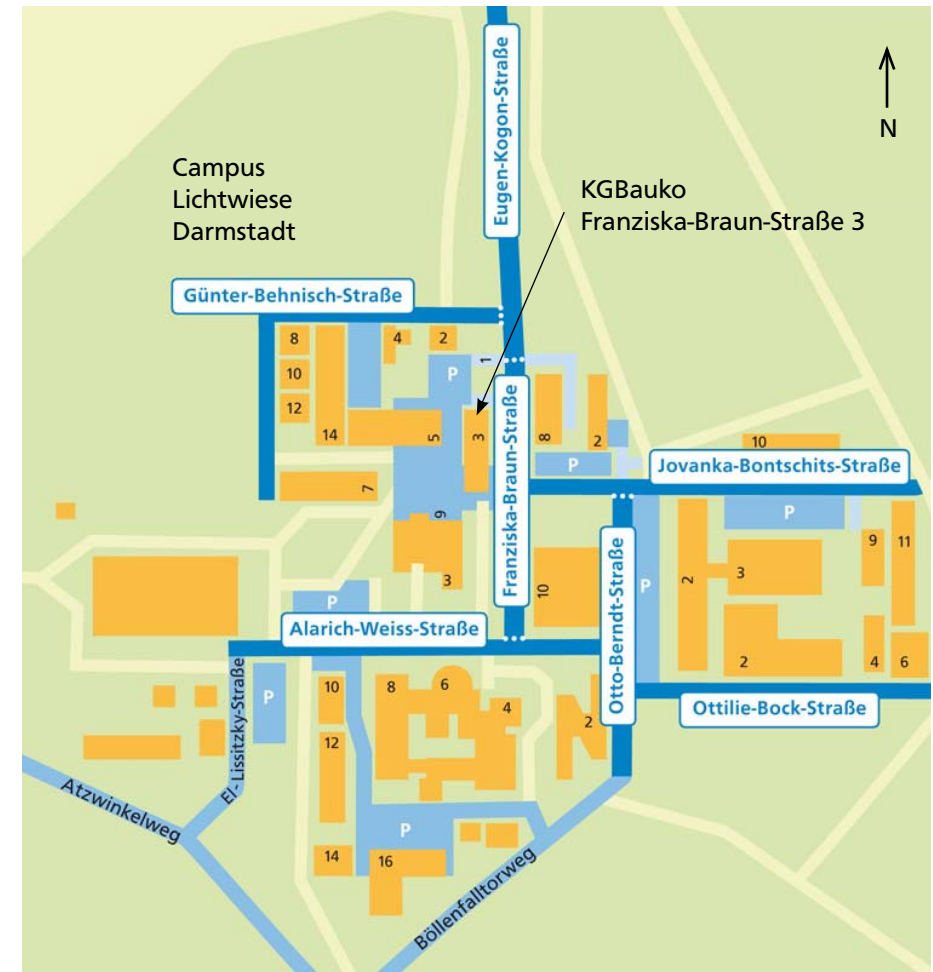
Kapitel 1  
Abb. auf Seite 12:       Eigene Grafik und Fotografie, KGBauko

Kapitel 3  
Abb. auf Seite 28:       Eigene Grafik, KGBauko  
Abb. auf Seite 79:       Eigene Grafik, KGBauko  
Abb. auf Seite 81:       Eigene Fotografie und Grafik, KGBauko

Kapitel 4  
Abb. auf Seite 83:       <http://www.sfb666.de>  
Abb. auf Seite 99:       Eigene Grafik, KGBauko  
Abb. auf Seite 105:       Eigene Fotografie und Grafik, KGBauko  
Abb. auf Seite 107:       Eigene Grafik, KGBauko  
Abb. auf Seite 112:       Eigene Fotografie, KGBauko

Kapitel 5  
Abb. auf Seite 135:       Lageplan, Grafik TUD, KGBauko

## 5.6. Anfahrt





---

## 5. Anhang

---

---

### 5.7. Impressum

---

**Herausgeber**

**Prof. Architekt Stefan Schäfer**

**Technische Universität Darmstadt  
Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion  
Franziska-Braun-Straße 3  
64287 Darmstadt**

**Telefon: +49 6151 16 - 3493**

**Fax: +49 6151 16 - 7034**

**[www.kgbauko.de](http://www.kgbauko.de)  
[info@kgbauko.tu-darmstadt.de](mailto:info@kgbauko.tu-darmstadt.de)**

**Redaktion**

**Dipl.-Ing. Irene Root**

**Gestaltung und Umsetzung**

**Dipl.-Ing. Irene Root**

**Auflage**

**1. Auflage, Januar 2014**

**Ausgabe**

**2. Ausgabe**

**KGBauko aktuell**

**ISSN 2195 - 9080**